


AÑO VIII° | BUENOS AIRES, OCTUBRE 31 DE 1902 | Nº 159



**Precio de este número, $ 1.00 m/n**

SUMARIO



# FUTURA NAVEGACIÓN INTERIOR DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

## CANAL DE NAVEGACIÓN

## DE CORDOBA AL RIO PARANÀ

(CONTINUACIÓN).—Véase Nº 157-58

### III.

**Prisma de agua. — Esclusas. — Explotación**

*Francia.* — La historia de la construcción de los canales y mejora de los ríos en Francia, y sus condiciones técnicas, son muy conocidas; y se encuentran abundantemente descritas en numerosas obras como las de Minard, Lagrené, Debauve, Guillemain, Berthot, etc., por lo que, en lo posible, me limitaré á mencionar los datos más generales, en el sentido de demostrar la importancia comercial, cada vez mayor, del aumento del prisma de agua en ellos y dimensiones de las esclusas.

El primer canal construido en Francia, fué el de Arles, ejecutado por los romanos un siglo antes de la Era Cristiana, el cual unía el Ródano con el Mediterráneo. El segundo fué el concedido en 1554 á Crapponne y derivado del rio Durance.

Las esclusas fueron empleadas, por primera vez, en el canal de Briare, á dos vertientes, que establecía comunicación entre el Loira y el Sena, concedido en 1605 y terminado en 1642. Este fué seguido por la obra más importante del siglo XVII, la que ha inmortalizado el nombre de Riquet y tenía por objeto la reunión del mar Atlántico con el Mediterráneo, por el río Garonne, conocido por «Canal del Languedoc» ó «Du Midi», empezado en julio de 1666 y terminado en mayo de 1681,

El desarrollo total de canales en Francia, era de poco más de 1000 kilometros cuando. en 1821 y 1822, la Asamblea autorizó la constitución de las cinco compañías que, en participación con el Estado, extenderían la navegación interior.

Estas compañías fueron: la de los cuatro canales de Bretaña, del Nivernais, del Somme y del canal lateral al Loira; la de los tres canales de Ardennes, del Somme y del canal lateral al Oise; la del canal de Bourgogne, la del canal del Ródano al Rhin, y la del de Arles á Bouc.

La mayor parte de estas obras quedaron terminadas en 1838, siéndolo las últimas en 1842.

Los fondos con que contribuyeron las Compañías y el Estado en cada caso, y las condiciones en que aquellas los anticiparon fueron las siguientes:

| NOMBRE DE LOS CANALES | Longitud | COSTOS DE CONSTRUCCIÓN | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Fondos de las Compañias | Fondos del Estado | TOTALES |
| | *Metros* | *Francos* | *Francos* | *Francos* |
| Del Ródano al Rhin | 350.000 | 10.000.000 | 18.250.000 | 28.250.000 |
| Del Somme | 156.800 | 6.000.000 | 6.570.000 | 13.170.000 |
| De Ardennes | 105.700 | 8.000.000 | 6.380.000 | 14.380.000 |
| » Bourgogne | 240.000 | 25.000.000 | 30.400.000 | 55.400.000 |
| » Nantes á Brest | 360.000 | | | |
| » Ille y Rance | 84.800 | 36.000.000 | 30.060.000 | 66.060.000 |
| » Blavet | 59.600 | | | |
| » Arles á Bouc | 47.300 | 5.500.000 | 5.980.000 | 11.480.000 |
| » Nivernais | 174.700 | 8.000.000 | 24.820.000 | 32.820.000 |
| » Berry | 320.000 | 12.000.000 | 13.660.000 | 25.660.000 |
| Lateral al Loira | 200.000 | 12.000.000 | 19.350.000 | 31.350.000 |

Las sumas adelantadas por las compañías gozaban de un interés de 5 ó 6 por ciento, según los canales, y una amortización de 2 por ciento, además de la cual las sumas sobrantes del producido de los canales, descontados los intereses, fondo amortizante, los gastos de conservación y de administración debían ser también destinadas á la amortización.

Después del reembolso íntegro de las sumas prestadas, las compañías participarian del producto neto de los derechos de navegación por partes iguales con el Estado; participación que duraba, según los canales, de 40 á 80 años.

Entre tanto, se autorizaba la construcción de otros canales como por la ley de 3 de julio de 1838, el gasto de 45 millones de francos en el del Marne al Rhin y el de 40 millones de francos en el del lateral al Garonne (canal du Midi) entre Tolosa y Castetts.

De 1848 á 1870, se construyeron unos 450 kilometros de canales.

La mejora de los ríos empezó á tomar algun impulso con las leyes autorizando obras en ellos, dictadas en 1833 y 1837 y, sobre todo, por la aplicación de las represas movibles desde 1834, invención que ha hecho ilustre el nombre del ingeniero Poirée.

De la exposición de la situación del Imperio presentada en enero de 1870 al cuerpo legislativo de Francia, resultaba que la navegación interna, al principiar aquel año, constaba de una extensión total de:

| | | |
|---|---|---|
| Ríos navegables | 7300 | kilometros |
| Canales del Estado | 4005 | » |
| » concedidos | 1025 | » |
| Total | 12330 | |

El punto inicial del establecimiento de los ferrocarriles en Francia lo fueron las leyes de concesión de 1835 y 1836, autorizando las líneas de París á San German y á Versalles. En 1838 se concedió á varias Compañías la construcción de las líneas de Estrasburgo á Bale, de París á Orleans y luego de París al mar, de Lille á Dunkerque, etc.

Por fin, la ley de 11 de junio de 1842 dispuso la construcción de las nueve líneas que constituyen las grandes arterias de los ferrocarriles de Francia, que en 1852 se refundieron en las seis grandes Compañías actuales: las del Norte, del Este, del Oeste, de París á Lyon y al Mediterráneo, París á Orleans y del Mediodia y que, en 1870, llegaron á una extensión de 7000 kilometros.

En Francia, se creyó al principio que, como en el caso del ferrocarril de Manchester á Liverpool, los propietarios cobrarian un p age á los que usaran la vía y los transportadores cobrarian los gastos de transporte, por lo que las tarifas autorizadas se componian de dos partes: peage y gastos de transporte.

Las tarifas de los ferrocarriles fueron uniformes, y comprendieron cuatro clases de mercancias, con los derechos siguientes, por tonelada — kilometro.

| DESIGNACIÓN DE CLASES | DERECHOS | | TOTALES |
|---|---|---|---|
| | de peage | de transporte | |
| | *Francos* | *Francos* | *Francos* |
| 1ª clase | 0,10 | 0,080 | 0,18 |
| 2ª clase | 0,09 | 0,070 | 0,16 |
| 3ª clase | 0,08 | 0,060 | 0,14 |
| 4ª clase | 0,06 | 0,040 | 0,10 |

Las tarifas de los canales eran muy inferiores, y en los principales, situados en el Norte, ellas eran las siguientes, por tonelada — kilometro.

| DESIGNACIÓN DE LAS LÍNEAS | Peage | Gastos de transporte | Flete total |
|---|---|---|---|
| | *Francos* | *Francos* | *Francos* |
| De Mons á París | 0,0117 | 0,0163 | 0,0280 |
| » Charleroy á París | 0,0143 | 0,0173 | 0,0316 |
| » Mons á Lille | 0,0102 | 0,0214 | 0,0316 |
| » Dunquerque á Lille | 0,0085 | 0,0187 | 0,0272 |
| » » á Cambrai | 0,0184 | 0,0208 | 0,0392 |

Apenas iniciados, los ferrocarriles, próximos á los canales, entablaron la lucha tradicional como en Inglaterra y Estados Unidos, rebajando las tarifas y estableciendo diferenciales entre ciertos puntos.

Así, de Quivrain á París, por un trayecto de 279 kilometros, tarifado á razón de 0,10 francos por tonelada kilométrica, al que correspondería 27,90 francos, la compañia lo redujo á 10.50 francos ó sea á razón de 0,0376 por tonelada kilométrica.

De Rouen á París, el ferrocarril cobraba 15 francos por un recorrido de 140 kilometros; mientras de Dieppe á París, distancia de 202 kilometros, se redujo la tarifa á 10,80 francos.

Las compañías de ferrocarriles hicieron toda clase de sacrificios para arruinar los canales y suprimir la competencia. La del Paris, Lyon Méditerranée compró los elementos de la navegación del Ródano, y la del Midi el canal del Languedoc con todas sus pertenencias.

Los canales, construidos sin plan alguno, sin uniformidad de dimensiones, con servicios de embarcaciones de todo tonelaje, obligados frecuentemente á trasbordos, y recargados de esclusas, no se hallaban en condiciones de hacer una explotación económica. Por otra parte, su alimentación era generalmente de una absoluta deficiencia. El canal del centro, por ejemplo, quedaba en seco, por esta causa, durante 80 ó 90 días del año, además de los en que su navegación era interrumpida por los hielos en el invierno.

La ley de 29 de mayo de 1845 había autorizado al gobierno á comprar los derechos acordados á las compañías de los canales construidos por las leyes de 1821 y 1822, realizando cada operación por ley especial para cada caso, pero el gobierno Imperial prestó mayor cooperación al establecimiento de los ferrocarriles, y los canales no se recuperaron.

Terminada la guerra con Prusia y modificada la frontera Este, quedó interrumpida dentro del territorio la comunicación de los canales del Norte con los del Este.

Por estas razones, y á pesar de la difícil situación financiera, Krantz presentó á la Asamblea de 1872 un extenso informe demostrando la necesidad de mejorar las condiciones de la producción y de la industria, y obtener la economía del transporte de las materias primas por canales sobre las tarifas entonces vigentes en los ferrocarriles, obteniendo, en 1874, se destinase al establecimiento del canal del Este y canalización del Saone, la suma de 128 millones de francos.

Estudiada la red de canales y en vista de las exiguas dimensiones de muchos trozos que, como el canal du Berry, apenas permitian el tráfico de 400 mil toneladas al año, la Asamblea dió la ley de 5 agosto de 1879 destinando la suma de 750 millones de francos para mejorar una extensión de unos 4000 kilometros de longitud de ríos y 3600 kms, de canales.

El conjunto debia obedecer á un plan uniforme cuyas obras tendrian las dimensiones mínimas siguientes:

| | |
|---|---|
| Ancho en la solera............... | 10m.00 |
| Profundidad de agua.............. | 2m.00 |
| Longitud de las esclusas.......... | 38m.50 |
| Anchura » » » .......... | 5m.20 |
| Altura libre de los puentes........ | 3m.70 |

dimensiones que permitirían la navegación de chatas con un calado de 1,80 metros y un porte de 300 toneladas.

En 1878, antes de la mencionada ley, no había más que 996 kilometros de ríos y 463 kilometros de canales que satisfacieran las anteriores condiciones; en 1893 se habían transformado 938 kilometros de ríos y 1617 de canales, con un costo de 564 millones de francos.

Las mejoras realizadas han consistido mas especialmente en la obtención de la alimentación permanente y en el aumento del prisma de agua y de las dimensiones de las esclusas. Estas, no solamente en cuanto á su longitud y ancho, sino respecto de su número, aumentándose el salto y suprimiéndose las enfiladas ó *en escalera.*

En 1879, puede decirse que no existian esclusas de 4 metros de salto; despues de aquel año, para reducir su número y alargar los tramos, se han construido de 5,15 metros en el canal del Marne al Saone; de 5,20 en el del Centro; de 6,00 y 7,20 en el de Roanne á Digoin y de 10 metros en el de Saint Denis; mientras las cinco esclusas en escalera del canal Neufossé han sido sustituidas por el elevador de Fontinéttes de 13,30 metros de caida.

Estas mejoras, que aun no están terminadas en toda la red, han producido un aumento considerable en el tráfico á medida que se han ido ejecutando.

El tonelage kilometrico ha aumentado, en efecto, en la siguiente proporción:

| | | |
|---|---|---|
| En 1878. . . . | 1.953.000.000 | toneladas kilometricas |
| » 1891. . . . | 3.537.000.000 | » » |
| » 1900. . . . | 4.700.000.000 | » » |

Actualmente, Francia cuenta con una navegación interna, de propiedad del Estado, de 7522 kilometros de ríos navegables y 4850 kilometros de canales. De estos quedan aun en manos de empresas particulares 12 kilometros de los canales Saint Denis y Saint Martin, 108 del Ourcq y 67 del Sambre al Oise que deben retrovertir al Estado en 1937.

El costo de construcción de todas las obras ascendia, en 1896, á la suma de 1.510 millones de francos, estimándose que la de los canales importaba la de 1229 millones, ó sea á razon de 253.400 francos por kilometro.

Agregados los 3510 kilometros de costa y ríos marítimos, la vía total de agua tiene una extensión de 15.880 kilometros.

La red general de ferrocarriles, inclusive los de interés local, tenia, en 1897, un desarro-

llo de 41.827 kilometros, de los cuales 2661 de propiedad del Estado.

Corresponde al territorio de la Francia, de 528.752 kilometros cuadrados, un kilometro de vía de agua por cada 33 kilometros cuadrados de superficie y 1 kilometro de ferrocarril por cada 12,5 kilometros.

Francia tiene una extensión de caminos carreteros *nacionales* de unos 38.000 kilometros de longitud, cuya conservación está á cargo del Estado y cuesta anualmente alrededor de 43 millones de francos; es, además propietaria, como ya he dicho. de 2661 kilometros de vías férreas, y copartícipe, por adelantos, subvenciones y garantias, en la red general de ferrocarriles en la cual, por varias causas, tenia invertida en 1896 la suma de 4023 millones de francos, y allí se considera tan necesaria la economía en los transportes internos que, apesar de las ingentes sumas empleadas en la mejora de sus ríos y construcción de canales, por ley de 19 de febrero de 1880, el peage, que existia hasta entonces en ellos, fué suprimido y la navegación en unos y otros declarada libre de todo impuesto, asimilándolos á los caminos generales.

*Alemania.* —La Alemania está en su mayor parte contenida en la gran llanura del Norte de la Europa comprendida entre la Holanda y los montes Urales.

En las regiones del Oeste y Sud Oeste, su altura varia entre 200 y 300 metros, con algunos picos de 1000 metros, mientras la Alemania del Norte es un territorio de colinas poco pronunciadas, en terreno formado de sedimentos cuaternarios, de gravas diluvianas, con pocas excepciones en la Prusia del Este y Mecklemburgo.

En este terreno corren, de Sud Este á Nor Oeste, los ríos Memel, Pregel, Vistula, Oder, Weser, Ems y Rhin, que desembocan en el mar Báltico y en el del Norte. El Danubio corre en dirección opuesta y atraviesa el Austria para desembocar en el mar Negro.

Pocos países presentan una superficie mas conveniente para el establecimiento de la navegación interna, sobre todo si se tiene en cuenta la facilidad de unir los rios principales por medio de sus afluentes, separados en sus nacimientos por alturas relativamente pequeñas.

En cambio, como las pendientes de los cauces son, en mucha parte de su trayecto, suficientemente fuertes para que el lecho no sea constante, y el régimen de los ríos es variable, produciéndose grandes crecientes con los deshielos desde octubre ó noviembre á junio y una bajante prolongada desde junio á octubre ó noviembre, la obtención de pequeñas profundidades para la navegación y la supresión de las inundaciones han presentado sérias dificultades y causado grandes costos de construcción y de conservación.

Ya en el siglo XIII, se iniciaron obras en el Elba, en el Vistula y en el Oder para contener las devastaciones de las inundaciones, defendiendo las riberas y encausando las aguas por medio de diques paralelos á las corrientes ó de espigones (buhnes) transversales á ellas.

En el siglo XIV, en 1306, se construyeron las primeras esclusas en el rio Saale.

El canal más antiguo de la Alemania es el de Stecknitz, construido entre los años 1391 y 1398 por la ciudad de Lübeck, estableciendo una comunicación entre el Elba y el Báltico por el Delvenau, el Stecknitz y la Trave. El canal tenia 17 esclusas que daban paso á embarcaciones de 25 toneladas de porte.

En los siglos XV á XVII se construyeron los canales de Kraffohl, de Kœnigsberg, de Finow y se siguieron mejorando los ríos por medio de espigones, diques y esclusas, de manera que al empezar el siglo XVIII la Alemania contaba como 530 kilometros de ríos canalizados y canales con un total de 72 esclusas.

En 1870, su extensión tota' comprendia 2943 kilometros de canales con 347 esclusas, cuya construcción, según Kurs, se había repartido así:

| | Kilometros | Numero de esclusas |
|---|---|---|
| | — | — |
| Antes de 1688 ....... | 530 | 72 |
| de 1688 á 1786 ....... | 742 | 61 |
| » 1786 » 1836 ....... | 782 | 68 |
| » 1836 » 1870 ....... | 889 | 146 |
| TOTALES .... | 2943 | 347 |

La constitución política de la Alemania, formada por numerosos pequeños estados, cada uno de los cuales ejecutaba obras en trechos parciales de ríos y cortos canales con esclusas de distintas dimensiones, era un obstáculo al desarrollo de la navegación.

La construcción de los ferrocarriles, iniciada en 1836, dió un nuevo impulso á la mejora de la navegación interna, y la unidad de acción surgió en todo su vigor con la constitución del Imperio en 1870.

Las dimensiones de las esclusas empezaron á aumentarse; el sistema de represas Poirée se empleó por primera vez en 1877 en el Río Brahe que une la navegación del Vístula con el Oder, y luego en el Main, al que no se le había podido dar mayor profundidad de 0,90 metros, y se le pudo dar la de 2,00 metros desde su unión con el Rhin hasta Francfort, por medio de 5 represas movibles y esclusas.

En los años de 1879 á 1882 los ministros de obras públicas y de finanzas. Maybach y Bitter, presentaron á la Cámara de Diputados de Prusia una série de memorias exponiendo el estado y carácter de las principales vías de comunicación, los métodos de corrección y de construcción que convenia aplicar, los gastos ya realizados hasta entonces y el presupuesto de los que debían efectuarse para obtener una red general de navegación.

El proyecto del sistema de obras comprendió:

Canal del Rhin al Mossa, al Wesser y al Elba.

Mejora de la ruta fluvial á Berlin.

Canal del Oder al Sprée.

Canal del Mar del Norte al Báltico.

Canal del Elba á la Trave.

Canal de Rostock á Berlin.

Canalización del Main, aguas arriba de Francfort.

Canal de Leipzig al Elba.

Canal del Danubio al Oder.

Prosecución de la canalización de todos los ríos principales.

Al tratar de la navegación del Río Negro hice la historia detallada de las mejoras realizadas en el río Elba, el poco satisfactorio éxito en la profundidad obtenida, el aumento progresivo en el tonelage de las embarcaciones que lo frecuentan y, el gran desarrollo del tráfico, debido principalmente á esta circunstancia.

La relación de las obras ejecutadas en los demás ríos sería la repetición de lo dicho respecto del Elba.

Pocas palabras agregaré para demostrarlo.

A fines del siglo XVIII el Oder era navegado por embarcaciones menores de 25 toneladas de porte. Después de 1815 se hicieron en él trabajos de concentración de las corrientes por medio de espigones; se cerraron algunos falsos cauces, y se extrajeron los troncos de árboles que estorbaban el paso y formaban rápidamente bancos, pudiendo hacerse circular barcos, en 1842, de 50 á 70 toneladas de porte.

Desde ese año se emprendieron los trabajos sistemados en el distrito de Breslaw, deduciéndose de su éxito que podría llegarse á obtener 1,00 metro de profundidad en aguas bajas *médias* por médio de la concentración del cauce.

El resultado no ha sido del todo satisfactorio. El término medio de las condiciones de navegabilidad del río en los seis años de 1894 á 1899 ha sido el siguiente.

| | | |
|---|---|---|
| Con | 0,70 metros de profundidad.... | 88 días |
| » 0,70 á 1,20 | » » » .... | 39 » |
| » 1,20 á 1,50 | » » » .... | 72 » |
| » 1,50 ó más | » » » .... | 68 » |
| | TOTAL....... | 267 días |

Como se vé, la navegación del Oder solo dura dos terceras partes del año, y la época en que permite á las embarcaciones la carga completa es tan solo de 2 meses.

La mejora principal introducida en la navegación es la del material en servicio cuya capacidad ha aumentado

| | |
|---|---|
| de la máxima en 1842 de..... | 75 toneladas |
| á la en 1875 »..... | 150 » |
| » 1880 »..... | 175 » |
| » 1897 »..... | 500 » |

Puede decirse que solo debido á esta causa el tráfico se ha desarrollado notablemente, como lo demuestra la estadística del movimiento en los puertos de Breslaw y Custrin, á saber

| Breslaw | | Custrin | |
|---|---|---|---|
| En 1851... | 92.500 tons. | 1873... | 73.802 tons. |
| » 1880... | 125.355 » | 1880... | 133.107 » |
| » 1890... | 1.219.849 » | 1890... | 846.298 » |
| » 1898... | 2.018.857 » | 1898... | 750.494 » |

El costo de construcción hasta 1898, está avaluado en 48.644.000 francos, el que para 516 kilometros de ríos representa el gasto de 94.310 francos por kilometro, y en él, como en el Elba, los gastos de conservación aumentan considerablemente con la pequeña mayor profundidad, obtenida en la siguiente proporción:

| En el período | | | | |
|---|---|---|---|---|
| de 1874 á 1880.... | 1.010 frs. | por km. | y por año | |
| » 1881 » 1886.... | 1.289 » | » | » | |
| » 1887 » 1890.... | 2.456 » | » | » | |
| » 1891 » 1897.... | 2.989 » | » | » | |

El gobierno, sin embargo, ha hecho estudiar dos diferentes proyectos para aumentar la profundidad, de modo que permita la navegación permanente de embarcaciones de 400 toneladas de porte con 1.40 metros de calado: uno es el de la canalización mediante espigones y dragado, y el otro es el de aumentar el volúmen de agua en estiage por medio de dos embalses construidos en los valles del Neisse y del Bober. Este representa un costo de 38 millones de francos, y resulta muy desfavorable, comparado con lo que costaría en el río Negro el embalse de las aguas del lago Nahuel Huapí, presupuestado en menos de un millon de francos.

La mejora de la navegación del Vístula no ha tenido en si misma mejor éxito. En los 232 kilometros de su curso en el territorio de Alemania se han hecho trabajos de rectificación del curso y concentración del cauce, obteniéndose una profundidad media anual durante cinco años de observación, de 1893 á 1897:

| | | |
|---|---|---|
| de 0,60 ms. ó menos durante........ | | 2 días |
| » 0,60 á 0,92 metros | » ........ | 60 » |
| » 0,92 » 1,30 | » » ........ | 63 » |
| » 1,30 » 1,67 | » » ........ | 36 » |
| de más de 1,67 | » » ........ | 103 » |
| | TOTAL....... | 264 días |

Pero la capacidad de las embarcaciones ha aumentado desde el máximum de 100 toneladas en 1875 al de 500 toneladas en 1895, y esto ha permitido el aumento del tráfico de 531000 toneladas en 1875 á 990.000 toneladas en 1898.

Los gastos de construcción ascendian en 1888 á 38.300.000 francos, lo que representa un costo por kilometro de 168.960 francos; mientras el costo de conservación anual ha sido en término medio tambien por kilometro de 5264 francos. Este costo elevado se

explica por la acción destructora de los hielos sobre los espigones.

El Weser se ha mejorado en condiciones análogas á las del Oder y el Vístula, y si ha aumentado á más del doble su tráfico en 20 años, ello es debido mas al aumento de la capacidad de las embarcaciones que, como en los casos anteriores há más que cuadruplicado en el mismo período, pasando también de 100 á 500 toneladas de porte.

El río Rhin ha sido mejorado en épocas anteriores como los demás ríos de la Alemania; pero las grandes obras datan solo desde 1830.

Estas mejoras, aun no terminadas, que se extienden en una longitud de 570 kilometros comprendidos entre Estraburgo y la frontera de Holanda, ha requerido el corte de 31 vueltas, la construcción de diques longitudinales, la estracción de rocas, dragado y, sobre todo, el establecimiento de numerosos espigones para concentrar el cauce y profundizarlo.

El programa de obras de la Comisión técnica de 1861 está casi realizado en su totalidad habiéndose obtenido una profundidad

| | |
|---|---|
| De la frontera de Holanda á Colonia. | de 3,00 ms. |
| » Colonia á Coblentz | » 2,50 » |
| » Coblentz á Mannhein | » 2,00 » |
| » Mannhein á Estrasburgo | » 1,00 á 1,50 |

La capacidad de las embarcaciones empleadas en la navegación del Rhin ha aumentado en 30 años, de una manera sorprendente. Ella alcanzaba un máximum:

| | | |
|---|---|---|
| En 1870 | de | 500 toneladas |
| » 1890 | » | 1.400 » |
| » 1892 | » | 1.560 » |
| » 1894 | » | 1.740 » |
| » 1896 | » | 2.070 » |
| » 1900 | » | 2.500 » |

En cuanto al tráfico, su aumento ha sido proporcionalmente mayor y en la siguiente escala, según la estadística de entradas y salidas de los 21 puertos principales establecidos en sus riberas:

| Años | Tonelage |
|---|---|
| 1875 | 4.065.000 |
| 1880 | 5.202.000 |
| 1885 | 7.524.000 |
| 1890 | 12.180.000 |
| 1895 | 14.531.000 |
| 1900 | 25.711.000 |

El costo de las obras ejecutadas en el Rhin hasta 1894 alcanzaba á la enorme suma de 338.873.000 francos.

Como se vé, las mejoras de los ríos alemanes representan el aumento de relativas pequeñas profundidades; pero su aprovechamiento por grandes esclusas, y embarcaciones de gran porte ha promovido un enorme desarrollo de la producción y manufacturero, y ha dado lugar á un tráfico fluvial de primera magnitud en el mundo comercial.

En los 20 años de 1875 á 1895, el tonelage kilométrico de los seis ríos Rhin, Weser, Elba, Oder, Vístula y Memel, ha aumentado más de 300 por ciento, como lo demuestra el siguiente cuadro:

| Años | Tonelage-kilómetro |
|---|---|
| 1875 | 1.750.000.000 |
| 1885 | 3.500.000.000 |
| 1895 | 5.920.000.000 |

En cuanto á los canales artificiales, la Alemania ha procedido de igual manera que para el aprovechamiento de los ríos, aumentando el prisma de agua y las dimensiones de las esclusas, para obtener el tráfico de embarcaciones del mayor porte posible.

El canal primitivo de Stecknitz, construido á fines del siglo XIV con una profundidad de agua de 0,60 metros, solo utilizable para embarcaciones de 15 á 25 toneladas de porte, ha sido reemplazado por el canal Elba-Trave con un ancho en el fondo de 22 metros y una profundidad de agua de 2,00 metros, haciéndose todas las construcciones de manera que permitan, en cualquier momento, el ensanche á 27,30 metros y la profundización á 2,50 metros.

El largo útil de las esclusas es de 80 metros; el ancho de la balsa de 17 y el de las puertas de 12. Admiten dos embarcaciones, cada una de 63 metros de largo y 8 de ancho, con un remolcador á hélice, ó una de las que navega el Elba, de 78 metros de largo por 11,50 de ancho, con varias pequeñas chatas y un remolcador.

Las nuevas esclusas pueden recibir, convoyes de 1500 toneladas de porte con su vapor remolcador, en vez de las antiguas chalanas de 25 toneladas.

El canal Luis, uniendo el Main con el Danubio, con una extensión de 171 kilometros y 101 esclusas de 32,10 metros de longitud, 4,50 de ancho y 1,00 á 1,46 de profundidad, para el paso de embarcaciones de 100 toneladas de porte — la obra más importante construida en la primera mitad del siglo XIX — fué antes de finalizar el mismo, considerado completamente inadecuado é impropio para luchar con los ferrocarriles.

Un Congreso de Ingenieros, reunido á pedido del *Central Verein*, decidió, en principio, que las esclusas deberian construirse de grandes dimensiones. En el Congreso de Navegación interior reunido en Viena en 1886, se adoptaron para los canales de comunicación entre el mar Negro y el Báltico, Alemania, Hungria y Austria, como mínimas las siguientes

| Dimensiones de las esclusas | Metros |
|---|---|
| Largo útil | 57 á 67 |
| Ancho en el fondo | 16 á 18 |
| Ancho de las puertas | 7 á 8,6 |
| Menor profundidad | 2,50 |

En el canal de Rudersdorf (1881) se dió á la esclusa una longitud de 67 metros con un ancho de 8,60; á las del Fulda canalizado (1890-1895) 60 metros por 8,60, á las del Main 77 por 10, á las del Oder 65 por 8,60.

El canal ultimamente construido en Alemania, de Dortmund al Ems, empezado en 1892 y terminado en 1899, uniendo la región hullera de Westphalia con el mar del Norte, de una longitud de 252 kilometros, tiene un prisma de agua de 18 ms. en el fondo, 30 al nivel del agua, y 2,50 de profundidad; hasta Hanecken, las esclusas son de 67 metros de largo y 8,60 de ancho, y aguas abajo de Hanecken, para trenes de remolque, de 165 metros de largo y 10 metros de ancho.

En este canal existe el notable ascensor á flotadores de Henrichenburg, de 14 metros de caida, con 70 metros de longitud, 8,60 de ancho y 2,50 de profundidad, para pasar embarcaciones hasta de 800 toneladas de porte.

En todos los canales y ríos de Alemania, pues, asi como en los de Austria, Hungría, Rusia, Holanda, Bélgica, Suecia, Estados Unidos y en los mismos ríos de Francia, en la última mitad del siglo XIX, las dimensiones de las esclusas se han aumentado para recibir embarcaciones de 600 toneladas de porte; mientras donde hay mayor profundidad ó mucha anchura, las obras se ejecutan yá para el uso de embarcaciones de 2500 toneladas de porte ó convoyes á remolque.

Inglaterra no ha seguido este movimiento sinó en los ríos canalizados como el Weaver y el Air y Calder ó en canales aislados donde se remolcan convoyes de 1000 y 1500 toneladas pues en las líneas generales las dificultades que presentan la escasez de agua y el acuerdo de los numerosos propietarios de diferentes trozos, son graves.

Los ingenieros ingleses, sin embargo, reconocen la necesidad del aumento del prisma de agua y de las dimensiones de las esclusas, las que se ván realizando muy paulatinamente por las condiciones excepcionales en que se halla la red principal.

Recientemente, el ingeniero de los diques de Bristol, M. J. A. Saner, en una Memoria presentada al Congreso de navegación interior que tuvo lugar en julio ppdo. en Düsseldorf, se expresaba al respecto en estos términos:

«Es indiscutible que si los canales tuvieran que entrar de nuevo en lucha con los ferrocarriles, particularmente en Inglaterra, donde los subsidios y el concurso del Estado son hasta ahora cosas desconocidas, ellos deberían ser establecidos sobre una escala más grande y más cómoda y construídos obedeciendo á un sistema uniforme.

«Deberían ser más rectos, más anchos y más profundos que los antiguos canales, y deberían tener instalaciones mecánicas para permitir rápidos cambios de nivel donde fueran necesarios.

«Lo primero que debe hacerse cuando se quiere formular el proyecto de un canal, es determinar la longitud y la capacidad de las embarcaciones que deben recorrerlo, y si estos han de navegar por unidades aisladas ó por trenes. No hay duda respecto á las grandes ventajas inherentes al movimiento por trenes, particularmente cuando se puede hacer uso de la propulsión mecánica; pero esto no se puede hacer en Inglaterra, en los canales de gran longitud, en el interior de las tierras.

«Convieue no olvidar que en Inglaterra los canales tienen numerosas ramificaciones, diques y apartaderos que es materialmente imposible de profundizar ó ensanchar sin exponerse á incurrír *en gastos fantásticos*; de esto se sigue la necesidad de tomar como punto de partida para toda mejora, el tipo actual de chalanas y las instalaciones existentes, mientras que subsista la imposibilidad de introducir un cambio radical en la situación: en estas condiciones el autor es de opinión de llevar el canal mas ancho y mas profundo lo mas cerca posible de los ramales que no pueden ser modificados, y sacar el mayor partído de las facilidades asi ofrecidas para agrupar en convoyes las pequeñas embarcaciones.

«El autor se limitaría á las dimensiones siguientes para las esclusas: longitud 50 metros, ancho 8.60, profundidad 2 metros; dividiendo la balsa en dos partes iguales, por un par de puertas, colocadas á la mitad de su longitud, para reducir el gasto de agua cuando no se trate sino de esclusar un pequeño convoy de chalanas.

«Una esclusa de estas dimensiones daria paso á 8 chalanas del tipo actual de 25 toneladas ó á 4 de 50 toneladas; si el canal tuviera una profundidad uniforme de 2,14 metros las embarcaciones podrían ser de más calado y se haría posible esclusar 400 á 500 toneladas de carga útil en una vez.»

La conveniencia del aumento en el prisma de agua y en las dimensiones de las esclusas, para admitir embarcaciones cada vez de mayor porte, es universalmente reconocida y puesta en práctica hasta los límites que las facilidades ó dificultades lo permiten. En Europa se ha pasado del uso de chalanas de 25 toneladas de porte que se usaban á principios del siglo XIX, á las de 2500 toneladas por unidad ó por convoy, á fines del siglo; mientras en Estados Unidos, en el mismo período, se ha pasado desde el mismo porte primitivo al de convoyes de 20.000 toneladas.

La mejora en las condiciones de la navegación interna, obedece á la ley general de la mejora en todas las vías de transporte por tierra ó por agua, para satisfacer las necesidades crecientes del intercambio de productos.

La cuestión, en todos los casos, se ha resuelto simplemente por la disminución de la resistencia á la tracción.

En las vías terrestres se han sustituido á los pantanos las superficies macadamizadas, adoquinados de granito, afirmados de madera ó el asfalto y, finalmente, á los carriles de madera, las bandas de hierro duras y homogéneas sobre que corren coches y vagones impulsados por poderosas locomotoras, es decir, el ferrocarril.

A medida que la resistencia á la tracción ha disminuido, la capacidad de los vehículos y la fuerza motriz han aumentado.

El mismo efecto se obtiene en los canales aumentando el prisma de agua, y en la navegación de ultramar aumentando el calado de los buques, y como á igual poder de tracción la via de agua ofrece menor resistencia, el au-

mento de la capacidad de los elementos de los transportes por agua ha crecido, y sigue creciendo, en mayor proporción, que los transportes por tierra, obteniéndose á la par que mayor velocidad y economía de tiempo, fletes más reducidos.

Para concluir con la navegación interna en Alemania, haré una corta alusión á su relación con los ferrocarriles.

Los ferrocarriles empezaron á construirse en aquel país recién en 1836, ejecutándose generalmente por cada uno de los diferentes Estados hasta que, en 1866, se dió principio á convenciones para la unión de las líneas.

En 1876, la Prusia procedió á la expropiación de todas las líneas de empresas particulares, invirtiendo la suma de 8.900 millones de francos, y luego los demás Estados del Imperio siguieron el mismo procedimiento, con tal rapidez que de los 48.645 kilometros que el país poseía en 1898, solamente 3.000 kilometros quedaban en manos de compañías privadas.

El Estado es, pues, propietario de las vías férreas y de los ríos y canales.

En Alemania no se conoce la lucha entre los dos sistemas de transporte; se considera que la una es auxiliar de la otra, y las vías principales de agua como el Rhin, el Main, etc., tienen en ambas orillas sus correspondientes vías férreas, tan bien dotadas de tren rodante que para toda la red se cuentan 35 locomotoras y 750 vagones por cada 100 kilometros de vía.

En cualquiera parte del Imperio que se observe el tráfico de la navegación interior y de los ferrocarriles se nota que ellos prosperan á la par.

La mejora de la canalización del río Main, de Mayenza á Frankfort, quedó realizada en 1886, y el tráfico aumentó en los 10 años siguientes en esta proporción.

| Años | Rio Main | Ferrocarriles |
|---|---|---|
| — | — | — |
| 1886...... | 150.000 tons. | 930.000 tons. |
| 1891...... | 700.000 » | 1.400.000 » |
| 1896...... | 1.643.112 » | 1.639.000 » |

Hemos visto que los ríos y canales se regularizaban y agrandaban desde principios y mediados del siglo XIX, así como los ferrocarriles se extendían desde 1836 y muy particularmente después de 1866. En el período de 20 años desde 1875 hasta 1895, no se había terminado canal alguno nuevo, pero si, se habían aumentado las dimensiones del prisma de agua y de las esclusas, en ellos y los ríos; mientras la red de ferrocarriles se había extendido de 26.500 á 44.800 kilometros.

El siguiente cuadro dá la circulación comparativa sobre el conjunto de canales y ríos canalizados, y las vías férreas en ese período:

| AÑOS | Longitud de vías explotadas<br>*Kilometros* | Aumento desde el año 1875 | Tonelage reducido á toda la longitud<br>*Toneladas* | Aumento desde el año 1875 | Recorrido medio de una tonelada<br>*Kilometros* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Navegación interior** | | | |
| 1875.. | 10.000 | — | 290.000 | — | 280 |
| 1885.. | 10.000 | 0 | 480.000 | 66 % | 350 |
| 1895.. | 10.000 | 0 | 750.000 | 159 » | 320 |
| | | **Ferrocarriles** | | | |
| 1875.. | 26.000 | — | 410.000 | — | 125 |
| 1885.. | 37.000 | 40 % | 450.000 | 10 % | 166 |
| 1895.. | 44.800 | 69 » | 590.000 | 44 » | 160 |

El recorrido medio de una tonelada transportada por vagón es de 160 km.; la transportada por embarcaciones es de 360 kilometros; el tonelage, reducido á la longitud total del recorrido, ha aumentado en 20 años de 44 por ciento en los ferrocarriles y de 159 por ciento en las vías de agua. El movimiento medio en las vías navegables, de 750.000 toneladas, excede sensiblemente el de los ferrocarriles que es solo de 590.000 toneladas.

Hablando del resultado del sistema de transportes que constituye la política seguida al respecto por el Gobierno alemán, Mr. S. A. Thompson, se expresa en «The Engineering Magazine» de julio último, en estos términos:

«El mayor kilometrage de ferrocarriles en el mundo bajo una única administracción, se encuentra en Alemania.

«En julio de 1888, de un total de 26.220 kilometros de vía, 23.610 pertenecían al gobiereo aleman. Sin embargo, en 1887 el Reichstag sancionó una ley autorizando la terminación de cerca de 2400 kilometros de canales y ríos canalizados, aunque había ya concluídos, y en servicio 2075 kilometros de canales y 7930 de ríos canalizados. Desde esa fecha se han autorizado y ejecutado otras mejoras, hasta que hoy Alemania tiene más de 14.500 kilometros de canales y rios navegables, mientras que el reino de Prusia por sí solo es propietario de unos 28.600 kilometros de ferrocarriles.

¿Cree alguien que el gobierno aleman gastaría millones de marcos *del tesoro nacional* en la construcción y mejora de vías de agua, si el resultado fuera la disminución de las rentas nacionales por la reducción del tráfico en los ferrocarriles nacionales? Veamos lo que dice Mason, nuestro cónsul general:

«Si en éste tópico general se necesitara más testimonio, él se encuentra en la constante creciente prosperidad de los ferocarriles de Prusia, que por su situación están en competencia directa con las vías de agua. Durante el año fiscal de 1896-97 los ferrocarriles Prusianos ganaron 247.381.970 dollars, y el presupuesto, siempre conservador, para el presente año (1897-98) es de 264.000.000 de dollars del mismo origen. Este importa considerablemente màs de la mitad de la renta total del gobierno prusiano, y después de deducir todos los gastos de explotación, reparaciones, construcción, nuevo tren rodante, intereses, etc., *deja una renta neta de 52.122.000 dollars que entran* al tesoro del Estado.

«El que una parte de este *surplus* sea destinado cada año á la extensión del sistema de canales y ríos navegables, no es sino la prosecución de una política de sabiduria que el tiempo y la experiencia han confirmado plenamente.

«Los hombres de Estado de Alemania han sído de los primeros en preveer que llegaría la época, en que habiendo alcanzado los ferrocarriles su máxima

extensión y eficiencia, quedaría siempre un vasto exeso de materia prima — carbon, maderas, piedras, minerales — que solamente por agua puede ser transportada á grandes distancias, y que en un país que desarrolla un sistema completo de vías de comunicación, el papel propio de los ferrocarriles es el de llevar pasageros y la clase superior de mercancía manufacturada, de las materias primas transformadas que las vías de agua han conducido hasta ellos.»

La Alemania cuenta con una extensión de costa de mar, ríos naturales, ríos mejorados y canales artificiales que representan una longitud total de navegación de 27.540 kilometros y al mismo tiempo una red de ferrocarriles de 51.400 kilometros. Siendo el área total del Imperio de 540.600 kilometros cuadrados corresponde á cada kilometro de via de agua una extensión de 19.75 kilometros cuadrados de territorio y a cada kilometro de ferrocarril 10.50 kilometros cuadrados.

La navegación interna debe ser próximamente extendida con la reforma del canal Luis y la unión del Danubio con el Elba y el Rhin, el nuevo canal de Berlín á Stettin, el de la comunicación de los lagos Masures con el Pregel y por el Köuigsberg al mar Báltico. Apesar del rechazo que ha sufrido en el Reichstag, en agosto de 1899, y de haberse retirado el proyecto en mayo de 1901, el del Mittelland Canal para unir los ríos Rhin, Elba y Oder y comunicar así los puertos de Bremen, Hamburgo y Berlín, se cree que, sinó en su totalidad, que importa la suma de 380 millones de francos, por lo menos una parte de él será ejecutado en breve.

La Alemania es hoy considerada como un país de grandes comunicaciones por vías de agua, cuyo tráfico ha cooperado eficazmente al desarrollo de la agricultura y de las industrias, al crecimiento de sus grandes puertos y á la prosperidad de los ferrocarriles.

El crecimiento del tráfico en los ríos y canales se debe al gran tonelage de las embarcaciones, el que solamente se ha obtenido por las grandes dimensiones de las esclusas y la sábia política á que el cónsul general de los Estados Unidos Mr. Mason y muchos otros hacen referencia.

Esta política es la seguida en todos los tiempos por los Estados Alemanes: de considerar los ríos y canales como caminos ordinarios más ó menos exentos de derechos de tránsito ó peage, lo que ha sido consagrado definitivamente por el art. 54 de la Constitución del Imperio, en los siguientes términos:

« Sobre todos los cursos de agua naturales, no se podrá percibir derechos sinó por la utilización de instalaciones especiales destinadas á facilitar el tráfico. Estos derechos, como los percibidos por la navegación sobre los cursos de agua artificiales que son propiedad del Estado, no deben exceder los gastos necesarios para la conservación y las reparaciones ordinarias de las instalaciones.»

Algunos Estados Alemanes como el Hesse, Wurtemberg y el ducado de Baden no cobran derecho alguno, y la navegación en los ríos canalizados y canales es completamente libre como en Francia, Italia y Estados Unidos.

*República Argentina.* — Desde el Río Negro al Pilcomayo y desde el Océano, el Río de la Plata, el Paraná y el Paraguay hasta los Andes, que es la zona de la República que ha sido objeto de este estudio, la extensión territorial es alrededor de 1.900.000 kilometros cuadrados, ó sea un rectángulo que mide aproximadamente 2.500 klm. de Norte á Sur y 760 de Este á Oeste, en término medio.

En los 820 kilometros de costa oceánica existen dos puertos naturales de aguas profundas: el de la Bahía de San Blas y el de Bahía Blanca, en los que con obras de poco costo podrían hacer operaciones buques del mayor calado en la actualidad y de los que puedan construirse en el futuro.

En el resto de este frente, la pendiente suave de la Pampa se extiende en el mar, con excepción, naturalmente, de la parte límite de las sierras que tocan las aguas en Mar del Plata y Punta Mogotes, puntos que, aunque con costas considerables se prestan á la ubicación de puertos para buques de ultramar,

Los ríos que desaguan en esta costa, de los cuales los principales son el Quequen Grande y el Salado, no son propios sinó para el establecimiento de puertos de cabotage.

En los 390 kilometros de costa del Río de la Plata, el plano inclinado que forma la Pampa penetra en el lecho del río alcanzando la agua honda de 6,50 metros de profundidad á unos 5 kilometros, en la parte angosta, frente á la antigua Ensenada ó Puerto de la Plata; mientras que en el resto del estuario esta hondura se alcanza recién á los 15 ó 20 kilometros.

Si bien al Río de la Plata, se le ha llamado Mar Dulce, tan solo por su vasta superficie parece tal, pues, en cuanto á profundidad, ella es de poca importancia.

De aquí la dificultad y limitación para el establecimiento de puertos en su costa occidental, cuyos accesos desde el agua honda requerirán siempre un costo de construcción y de conservación excepcionalmente elevados.

En 26 años de contínuo dragado no se ha llegado á profundizar un canal de acceso de 6,40 metros al puerto de Buenos Aires, y en el bifurcado á las entradas Norte y Sud, según lo manifestado por los delegados del Gobierno Argentino al Congreso de Navegación de Düsseldorf «la matière extraite annuellement monte á presque, 4.000,000 m³.»

El Paraná inferior no costea la tierra firme sinó en pequeñas extensiones, y los puntos que puedan utilizarse como puertos de ultramar puede decirse que recién empiezan á la altura de San Pedro y alcanzan al Rosario donde terminará la navegación para buques de 6,50 á 7,00 metros de calado. Hasta este

punto, debería darse á los ríos la mayor profundidad posible.

El Paraná médio disminuye de profundidad, permitiendo, sin embargo, el pasage á buques de ultramar, de regular calado, hasta el puerto de Santa Fé; pero, debe tenerse presente que buques de ese calado tienden con gran rapidez á desaparecer de la navegación.

El Paraná superior y el Río Paraguay, en pocos puntos tocan la ribera derecha en tierra firme y su profundidad no admite la regular navegación de buques de 2,70 metros de calado.

Por razón de la uniformidad del territorio y á pesar del gran volúmen de agua que llevan los ríos mencionados, sus aguas se han abierto camino divagando en exagerada anchura, abriendo cauces poco profundos, formando islas y bancos y dejando canales de probrisísimas condiciones de navegabilidad y de aprovechamiento de los terrenos firmes para el establecimiento de puertos de agua honda.

En la actualidad puede decirse que la navegación natural de ultramar termina en el puerto del Rosario cabecera de la interior.

Podría quizá haberse incluido entre los ríos naturales de navegación interior el Bermejo, el Negro y la parte inferior del Colorado; pero, todo el siglo XIX ha transcurrido sin que se haya practicado un estudio razonable de sus condiciones, siendo ellas hoy muy poco más conocidas de lo que lo eran á fines del siglo XVIII.

La mejora de los ríos naturales se ha hecho hasta ahora en muy pequeña escala en la República Argentina. Apenas si el río de La Plata ha sido dragado para dar entrada á los ríos Paraná y Uruguay, y se han hecho en estos, y en cinco kilometros del Riachuelo, que forma parte del puerto de la Capital, algún trabajo sério.

En cuanto á navegación interior artificial, todo lo realizado hasta el presente, es un canal ó dársena de un solo kilometro de longitud: el canal de San Fernando.

Este canal se proyectó en 25 de noviembre de 1805 por el ingeniero Eustaquio Gianini, derivando las aguas del río de las Conchas en el paso de Carupá y uniéndolas con las del río de Luján, para acercarse á los terrenos altos del pueblo de San Fernando, fundado en la misma época.

Las obras empezaron el 2 de febrero de 1806, bajo la dirección del Comandante D. Cárlos Belgrano, destinando el Real Consulado á su ejecución la suma de diez mil pesos fuertes. Como dato curioso, consigno aquí la lista de útiles de trabajo empleados en esta obra, que fueron: «*3 docenas de palas, 2 de arados, doce picos, seis barretas, doce angarillas de mano, cuatro tiendas de campaña y cuatro arados.*» El primer personal empleado fué compuesto de 18 prisioneros ingleses internados en Luján, á los que se agregaron, en 1° de abril, 33 prisioneros venidos de Montevideo é indios traídos de Misiones, todos ellos con la remuneración de cinco pesos fuertes mensuales y ración de marinero.

El canal debía tener 6 varas de ancho y 1,50 de profundidad desde el suelo natural, lo que representaba la de unos treinta centímetros en aguas bajas ordinarias.

La historia de esta obra es más extensa que la del canal de Suez ó el de Manchester, pues, suspendida á fines de junio de 1806, por motivo de la invasión inglesa, fue proseguida por todos los gobiernos de Buenos Aires hasta que, en 1875, se realizó definitivamente con un ancho de 20 metros y una profundidad de 2,00 metros en aguas bajas ordinarias, tocándome el honor de dirigir la construcción de este primer ensayo de canal navegable artificial ejecutado en el país, así como del primer dique de carena, puesto que lo es el que construí en el extremo de este pequeño canal.

Estimando el máximum de vías de agua navegables en la extensión de la zona del país que hemos estudiado en 2.500 kilometros, y habiendo en la misma una longitud de vías férreas de 15.220 kilometros, corresponde á cada kilometro de las primeras una superficie de terrenos de 770 kilometros cuadrados y á cada uno de los segundos una de 126,5 kms. cuadrados.

Comparadas las longitudes de las dos naturalezas de vía con las extensiones del territorio de los cuatro paises que he estudiado resulta:

| PAISES | Vias de agua | Vía férrea | Extensión territorial | |
|---|---|---|---|---|
| Inglaterra...... | 1 Klineal | ..... | 16,00 K² | ..... |
| Id. | ..... | 1 Klineal | ..... | 7,63 K² |
| Estados Unidos | id. | ..... | 24,76 K² | ..... |
| Id. | ..... | id. | ..... | 117 K² |
| Francia........ | id. | ..... | 33 K² | ..... |
| Id. | ..... | id. | ..... | 12,50 K² |
| Alemania...... | id. | ..... | 19,75 K² | ..... |
| Id. | ..... | id. | ..... | 10,50 K² |
| Argentina...... | id. | ..... | 770 K² | ..... |
| Id. | ..... | id. | ..... | 126,50 K² |

Este cuadro muestra la pobreza de vías de navegación de nuestro país, y la ninguna atención que á ellas se ha prestado.

Es que no se ha hecho aún la convicción de lo difícil que será desarrollar nuestra producción y nuestras industrias ateniéndonos al transporte caro de los ferrocarriles en largas extensiones, para las cuales y determinados artículos del comercio, precisamente son las vías de agua las más indicadas.

Pero, además de su escasa longitud, con relación á la superficie del territorio, que es 20 ó 40 veces menor que la de los paises citados, nuestras vías de navegación presentan otro grave defecto, y es que no penetran al interior de las tierras, multiplicando las riberas, sino que están, en la zona de que me ocu-

po. en un solo frente continuado desde el río Negro hasta el Pilcomayo.

Si hemos de mejorar algún día la navegación de nuestros ríos y construir canales artificiales.— «lo primero que debe hacerse, como dice Saner, es determinar la longitud y la capacidad de las embarcaciones» — «y si estas han de navegar por unidades aisladas ó en convoy;» — de aquí la necesidad de determinar conjuntamente el prisma de agua y las dimensiones de las esclusas.

La futura navegación de los ríos Bermejo y Negro, que representan cada uno un recorrido alrededor de 1000 kilometros, exigirá, para una buena y económica explotación, embarcaciones largas y anchas de porte no menor de 500 ó 600 toneladas ó convoyes de 1000 y más toneladas, y como si hubiera de emplearse esclusas, estas serian en número muy reducido, sería un error limitar las dimensiones de las esclusas á embarcaciones menores de ese porte, ó que obligaran á dividir los convoyes en su pasage, pues en ambos ríos habría abundancia relativa de agua y el costo de alargar las balsas de las esclusas no es tampoco muy considerable.

En el primero no se ha proyectado obra alguna de esta naturaleza.

En el informe del Sr. ingeniero Cipolleti, sobre irrigación en el río Negro, se prevée el caso de la probable navegación y se proyecta una esclusa en la desembocadura del lago Nahuel Huapí. El Sr. Cipolletti se expresa así, al respecto:

«Tenemos fé que en día no lejano, se efectuará la navegación hasta el lago, y, por lo tanto, á la derecha de la obra de embalse se proyecta la construcción de una esclusa para salvar la diferencia de nivel que existirá, cuando el lago esté embalsado, entre su nivel y el del emisario.

«Se ha dado á esta esclusa las dimensiones comunes en los canales de navegación interior, es decir, 30 metros de largo y 5,20 metros de ancho, con una profundidad ordinaria de agua de 2,00 metros y mínima absoluta de 1,50 susceptible de aumento en caso que asi se estimara conveniente.»

La distancia desde el lago Nahuel Huapí al puerto de Patagones es de 1000 kilometros, siendo un poco mayor á la Bahía de San Blas, y entretanto hemos visto que estas dimensiones de esclusas han sido consideradas inadecuadas para Inglaterra, donde el recorrido médio de las embarcaciones en los canales era, en 1890, de 53 kilometros, lo mismo que en Francia, donde aquél era, en la misma época, de 148 kilometros y en Alemania, de 320 kilometros en 1895; respecto de los Estados Unidos, esas dimensiones se consideraron exíguas en el canal del Erie, desde 1835.

Las mismas por demás pequeñas dimensiones de las esclusas, inadecuadas completamente al recorrido de las embarcaciones, se encuentran en los proyectados canales de Santiago del Estero al río Paraná que he examinado.

En cambio, en el proyectado «Canal Nord-Oeste Argentino», en el territorio de Formosa, el prisma de agua previsto era de 30 metros de ancho en la solera, 60 en la superficie de agua y 2,50 de profundidad, dimensiones que suponen taludes nunca vistos de 6 de base por 1 de altura y una sección de 112,20 metros cuadrados.

El canal aleman de Dortmund al Ems, de grandes dimensiones, solo tiene 18 metros de ancho en la solera, 30 en la superficie del agua, y 2.50 de profundidad, lo que representa una sección de 56,00 metros cuadrados, ó sea la mitad de la del anterior.

Pero más reñidas con la práctica universal y entre sí están el prisma de agua del proyectado canal de la Pampa Central y la capacidad de las chalanas que debían navegarlo. El primero, con una solera de 25 metros de ancho y las segundas con una capacidad de *diez* toneladas formando convoyes de cien toneladas en total!

Las secciones del Gran Canal del Sud de la Provincia de Buenos Aires, indican una solera de 8,00 metros de ancho y la profundidad de 1,50 metros, es decir, un prisma de agua para doble vía de dimensiones menores que la de los canales ingleses.

Así se vé, que si en la navegación de los ríos interiores no se han hecho los estudios convenientes y necesarios para su mejora, en la navegación artificial por canales, los que han formulado proyectos no se han preocupado de estudiar ni aún lo más elemental de ellos, ó sea la capacidad de las embarcaciones que los han de navegar y el prisma de agua mínimo, máximo ó intermediario que conviene adoptar.

Para concluir con este tópico voy á examinar las opiniones que expresé en mi informe de 25 de febrero de 1890, en el proyecto del Canal de Córdoba al Río Paraná y si hay razones hoy, con la mayor experiencia formada, que aconsejen modificarlas.

En la página 45 decía:

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

«A mi entender, no hay otra disyuntiva, sino la de que, ó no hay tráfico probable que autorice la construcción de un canal, ó todo canal de navegación debe tener por lo ménos doble anchura de las embarcaciones que lo han de navegar, con excepción del paso de las esclusas y de algún túnel de demasiado costo.

«Todos los ingenieros adoptan la fórmula de Du Buat para establecer la relación entre la sección de la embarcación, la del canal y el esfuerzo necesario para producir una cierta velocidad, la que demuestra que la resistencia al movimiento alcanza á su mínimo cuando la sección transversal del canal es 6 1/2 veces, y la anchura en la superficie 4 1/2 veces la de la embarcacion, de lo cual los ingenieros franceses han deducido las dimensiones de las embarcaciones de 5 metros de anchura y 1,80 de

calado para los canales de primer orden, que deberán tener el ancho en el fondo de 17 metros, sección aproximada de 40 metros cuadrados y profundidad de 2 metros que ha fijado la ley de 5 de agosto de 1879; que no llega á producir la resistencia mínima, pero que permite reducir el costo de tracción favorablemente y llena todas las buenas condiciones del cruzamiento, siendo estas dimensiones muy aproximadas á las del canal del Erie.

« La ley francesa se halla de conformidad con la fórmula de Du Buat respecto á la relación entre el ancho de la embarcación y el del canal superiormente; pero no respecto á lo que corresponde entre el calado de ella y la profundidad de agua, pues, esta, para guardar la relación entre la sección de la embarcación y la del canal debía ser aproximadamente de 3 metros, quedando entre el fondo del buque y el fondo de la canal una distancia de 1,20 metros.

«La distancia entre la superficie de la embarcación y el perímetro mojado del canal, suponiendo que se navegue en su eje, es por lo menos de 6 metros entre los costados de la una y los taludes del otro, mientras solo es de 0,20 metros entre los fondos de ambos.

«El canal, recien construído, deja un espacio de 0,20 en el fondo de la embarcación, pero es claro que por pocas materias que se depositen, este espacio disminuye muy considerablemente en corto tiempo, además de que por el servicio de las esclusas queda el nivel de algunos tramos inferior al nivel teórico.

«Las experiencias hechas hasta hoy sobre la resistencia al movimiento de embarcaciones son muy pocas, y ésas limitadas á muy poca variedad de formas; entretanto, en la navegación del Río de la Plata hay una vasta experiencia diaria que demuestra la resistencia que ofrece un poco fondo en la marcha de los buques.

«Los buques mayores en este río, sea á vela ó á vapor, obedecen dócilmente á la acción del timón mientras *sienten* bastante agua debajo de la quilla ( según la expresión vulgar), y empiezan á gobernar mal al timón cuando navegan con un pié (0,30 m.) ó menos de agua más de su calado, lo que quiere decir que entonces se desarrolla una resistencia mayor que la acción del timón; y si esto se observa en buques de quilla, es evidente que la resistencia debe ser aumentada en las embarcaciones propias de los canales que tienen el fondo completamente plano.

«La teoría es que las embarcaciones resbalan sobre la capa de agua debajo de su fondo, pero desde que esta fácilmente puede disminuir por causas permanentes (depósitos en el canal) ó accidentales (escasez de agua por el servicio de las esclusas) algún frotamiento ha de producirse comprimiendo una exigua capa de agua, si es que á veces no se toca al lecho mismo del canal.

« En experimentos hechos en 1879 en el canal Erie con el vapor «Emma», se observó que en la profundidad excepcional de nueve piés (2,70 ms.) el consumo de carbón disminuía muy considerablemente, al mismo tiempo que la velocidad aumentaba de un 50 %, hecho práctico que demuestra la conveniencia de dejar mayor profundidad de agua de los 0,20 metros que establece la ley francesa de 1879, para disminuir el esfuerzo de tracción, aumentando la velocidad.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

« Así, pues, dada la distancia entre los puntos extremos, la capacidad de la chata ó embarcación que debe emplearse puede decirse impuesta, y si es suficiente para la de 50 ó 100 kilometros una embarcación de 50 á 100 toneladas de porte, es evidente que no será en manera alguna económica cuando se trate de distancias de 400 ó 500 kilometros, y que entonces el porte debe aumentarse á 250 ó 300 toneladas, porque necesitando ambas embarcaciones el mismo personal á bordo, y casi el mismo gasto de tracción, el flete de la primera, por tonelada, tiene que ser mucho mayor que el de la segunda, para que con los mismos gastos pueda el armador tener algún beneficio.

« Adoptada una capacidad de carga para las embarcaciones, hay que establecer la longitud, anchura, profundidad y calado que convenga á dicha capacidad. La anchura y calado, ó sea la sección, á medida que aumentan exigen mayor fuerza de tracción para la marcha y requieren mayor sección de canal y esclusas, y el mayor calado exige más volúmen de agua para el servicio de las esclusas, causando por la presión mayor filtración ó imbibición del terreno, mientras la mayor longitud exige esclusas más largas y hace difícil el paso de las curvas, al mismo tiempo que presentando demasiado costado, agarran demasiado viento, y en ciertos momentos se hacen inmanejables.

« La proporción de 1 de anchura por 6 ó 7 de longitud es la que se ha encontrado más conveniente para esta clase de embarcaciones, y la ley francesa de 1879, al establecer las dimensiones de las esclusas ya supone una anchura para aquellas de 5,00 ms. y una longitud de 36 á 37 metros, fijando en consecuencia un calado de 1,80 ms. para obtener embarcaciones de un porte de 300 toneladas. Las embarcaciones mayores del canal del Erie tienen una longitud de 32 m., una anchura de 5,33 m. y un calado de 1,80, con capacidad de 300 toneladas; y una práctica de más de 50 años ha dejado claramente demostrado que ellas son cómodas y convenientes para el sistema de tracción hasta ahora casi esclusivo en los canales, el que, como más adelante veremos es el de la sirga con caballos.

« Desde que en cualquier país se encuentren razones de utilidad para la construcción de un canal de navegación interna, no se puede creer que más adelante no haya razones

que aconsejen el establecimiento de otros, y, en consecuencia, hay siempre conveniencia en fijar las dimensiones mínimas de los canales uniformemente desde el primer momento, para que en cualquier época las futuras obras puedan comunicarse entre sí, y las embarcaciones puedan transitar en toda la red que llegara á formarse.

«Ahora bien, de todo lo expuesto, creo que puede deducirse que las dimensiones de las embarcaciones que resultan de las fijadas por la ley francesa de 1879 son perfectamente aceptables y que, rigiendo ellas, la longitud de las esclusas, el costo de construcción para obtener un canal en condiciones regulares de explotación, debe comprender una anchura de este algo mayor del doble de las embarcaciones; que los puentes deben tener la misma anchura del canal más el camino de sirga, y que lo único que puede autorizar el empleo de una sección menor, es la construcción impuesta de largos túneles, no compensando, en mi opinión, todas las demás economías en el costo de construcción que frecuentemente se hacen, los perjuicios que causan á la explotación.

«La profundidad de agua de 0,20 ms. que por la ley citada se deja abajo del fondo de la embarcación es, en mi opinión, insuficiente, y en los tramos largos, creo que compensaría en la explotación el costo de construcción necesario para aumentarla á 0,40 metros en el eje».

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Durante el mismo año en que produje el informe que acabo de estractar, el ingeniero J. B. de Mas, en Francia, en 1895 Spacil en Austria, luego Sweet en Estados Unidos y, finalmente, Haack en el canal Dortmund-Ems, en Alemania, en 1901, hicieron prolijos experimentos respecto á la resistencia de embarcaciones á la tracción en los canales, considerando la sección de estos, la forma de aquellas, el material de que eran construidas, etc., etc.

Todos han llegado al mismo resultado, respecto del aumento considerable de resistencia que adquieren las embarcaciones en los canales que dejan poca profundidad debajo de sus fondos.

Haack y Sweet consideran «que el ancho puede ser sacrificado por el aumento de profundidad realizando un valor dado de resistencia», y que «esta modificación disminuye la resistencia á la propulsión, la velocidad de la corriente del agua hácia popa y las dificultades del gobierno del timón.»

El canal proyectado de Córdoba al Paraná, tiene un ancho en la solera de 12 metros, lo que permite el fácil cruzamiento de dos embarcaciones; sus taludes son de 1 1/2 de base por 1 de altura, sección que sacrifica algo las buenas condiciones de la tracción; pero con los elementos de juicio producidos en los últimos doce años, debo insistir en la opinión que manifesté en el informe de 1890 y creo que la profundidad debe llevarse á 2,30 metros dejando un espacio de agua de 0,50 metros debajo del fondo de las embarcaciones.

Los últimos canales de primer orden, tanto en Francia, como en Alemania, se han construido con profundidad hasta de 2,50 metros y, excepcionalmente, de 3 metros.

Este aumento de profundidad debe considerarse como una gran mejora para la navegación, y, en nuestro caso, no alteraria por él, el presupuesto, pues, el precio adoptado de 0,50 y 0,40 $ m/n legal por metro cúbico de movimiento de tierra es indudablemente mayor de lo que él sería hoy, lo que compensaria el costo extra que podría ascender á unos $ 300.000 moneda nacional.

El presupuesto de las obras, formulado en 1890, ascendía á la suma redonda de $ 18.000.000 moneda legal, teniendo en cuenta los altos precios de entonces, tanto para la ejecución de obras como por expropiación de terrenos.

En esa época, proyectar esclusas de mayores dimensiones que las de los canales de Francia, habría parecido exagerado, y careciendo quien lo hiciera de autoridad suficiente, habría sido difícil formar opinión respecto á sus ventajas; pero hoy, los elementos de prueba de la conveniencia del empleo de grandes embarcaciones, y, por consecuencia de grandes esclusas, se encuentran en todas las naciones, como resulta de todo lo que al respecto he hecho notar en este estudio.

No tengo duda alguna que sobre el presupuesto primitivo puede economizarse una suma no menor de 1 1/2 millones de pesos; pero ellos podrían ser invertidos, con gran conveniencia, en mejorar las condiciones del tráfico del canal, lo cual importaría abaratar los fletes en él, estableciéndolo en forma de no requerir modificaciones de importancia en el futuro.

Una de mis preocupaciones de 1890 fué el sistema de tracción que más convenía adoptar en este canal y llegué á optar por el de la sirga con caballos.

De la experiencia universal al respecto, resulta que se han seguido empleando los sistemas de remolque y atoage y que se ha ensayado tambien la tracción eléctrica en los últimos años, además de los motores de petróleo y eléctricos en las embarcaciones; pero, en Francia, en Bélgica y en otros países, el sistema que aún predomina, en canales con un regular número de esclusas no separadas más de 5 ó 6 kilometros entre sí, es aún el de la sirga con caballos que, por muchos motivos, es el que parece convenir en la República Argentina. Este sistema de tracción no presenta inconvenientes tratándose de embarcaciones hasta de 400 toneladas de porte.

Por otra parte, al formular mi proyecto, proponía que por razones de economía el cruzamiento del río Segundo se hiciera á nivel;

pero, toda vez que se llegue al convencimiento de las ventajas que presentaría una buena vía de navegación, sería de opinión que, para cortar la interrupción del tráfico en las épocas de grandes crecientes, convendría efectuar el cruzamiento del río en este punto mediante un puente canal, cuya diferencia de costo no sería de mucha importancia.

Finalmente, para la mejor conservación de las obras, y su mejor servicio administrativo, creo que debería incluirse el costo del cerco del canal principal y los de alimentación, y el de un telégrafo ó teléfono en toda la longitud del sistema, todo lo cual no aumentaría el presupuesto en mucho más de 150.000 pesos.

Hasta aquí me he ocupado de las dimensiones de las esclusas bajo el punto de vista de la capacidad de las embarcaciones independientemente del salto de ellas para salvar la diferencia de nivel entre los puntos extremos de un canal en general y, en particular, del proyectado entre Córdoba y el Río Paraná. Voy ahora á considerar esta importante faz de la cuestión:

La diferencia de nivel entre los puntos extremos es de 371,80 metros (sobre las aguas de estiage en el Paraná), altura que se salva mediante un total de 100 esclusas, de las cuales 79 de 4 metros de caida, 2 de 3,50 metros; 5 de 2 metros y 2 de 2,50 metros.

La distancia média entre cada esclusa es, pues, de 4.500 metros; el tipo adoptado es el de 4,00 metros de caida, y su término medio de 3,72 metros.

En Inglaterra, la distribución de las esclusas es de una notable irregularidad; la distancia média entre ellas resulta de 2.080 metros y la caida varía generalmente entre 1,20 y 2,70 metros, bajando escepcionalmente á la de 0,50 y subiendo en raros casos á la de 4,35 metros.

En Francia, la distancia média entre las esclusas era, hasta 1881, de 2.367 metros, y el salto variaba entre 2 y 3 metros; siendo el número de esclusas enfiladas mucho menor que en Inglaterra, y las más notables las de Beziers, en el canal del Midí, de 7 esclusas y las de Fontinéttes, en el Neuffossé, de 5. Después de 1881, se han reducido las esclusas enfiladas haciendo de dos una; se han suprimido varias aumentándose la caida desde 5,20 metros hasta 10 metros y sustituido, en Fontinéttes, parte de ellas, por un ascensor. Apesar de estas modificaciones, la distancia média actual entre las esclusas no alcanza á 3.000 metros.

En cuanto á número de esclusas pues, el canal de Córdoba al río Paraná, puede compararse favorablemente con el de los canales belgas, ingleses y franceses, y sin entrar en casos, particulares, creo que bastan los datos generales yá expuestos, y señalar como un ejemplo que el Canal del Centro, en Francia, que es uno de los más importantes por su extensión y su mayor tráfico, contiene 175 esclusas en su desarrollo de 432 kilometros, es decir, 75 más que en los 453 kilometros del canal de Córdoba.

Falta considerar la manera en que está hecha la distribución de las esclusas, y si ellas no podrían ser ventajosamente sustituidas por otras obras.

En el N°. 48 de la «Revista Técnica», año de 1897, mi amigo el ingeniero S. E. Barabino publicó un juicio crítico imparcial y meditado sobre mi proyectado canal, en el que llegaba á la conclusión de que él era « una obra perfectamente factible de los puntos de vista económico y científico, y hacia alguna *observación de detalle* — como el mismo la llamaba — que me conviene recoger para mejor fundar mis ideas al respecto.

Decia el ingeniero Barabino:

« Figuran en el perfil, entre los kilometros 274 y 278, en una extensión de 3050 metros, cuatro esclusas con una caida total de 16 metros, que nos parece podrían ser salvados con menor coste y economia de tiempo en las maniobras de los barcos mediante un elevador hidráulico ó un plano inclinado. »

Haciendo el debido honor al autor de la observación, por provenir ella de quien tiene reconocida preparación en materia de hidráulica y aprovechando, hasta cierto punto, la circunstancia para demostrar que no es sin un estudio meditado del asunto que no me declaré entonces partidario de planos inclinados y ascensores, voy á hacer un ligero estudio del asunto, por cuanto él es una de las fases técnicas más interesantes de la proyectación de canales navegables.

Y conviene aqui decir, que al formular, en 1890, el proyecto del canal de Córdoba al Paraná estaba yo tan lejos de pretender que él era inmejorable que en mi informe preveia, por el contrario, posibles modificaciones en él para cuando llegase el caso de su trazado definitivo, aconsejando desde ya algunas que creía conveniente se introdujesen cuando se efectuase el replanteo del canal. Pero entonces, como ahora mismo lo creo, no juzgué prudente la adopción de un elevador hidráulico ni de planos inclinados para salvar el trecho comprendido entre los kilometros 274-278. Diré porqué.

Entre las esclusas números 73 y 76, el tramo 74 [1] tiene una longitud de 850 metros; la de los tramos 75 y 76 es de 500 y 800 metros, que son los escepcionalmente cortos de todo el trazado preliminar.

Respecto á la alimentación, debo decir que el tramo 73, que les precede, tiene una longitud de 23.085 metros y por consiguiente representa un embalse considerable, cuya superficie es de 515.530 metros cuadrados, y que además, el tramo 75 tiene un puerta intermedia,

(1) Véase el perfil en el núm. 151 de la «Revista Técnica.»

de manera que su superficie equivale á un tramo de 660 metros de longitud.

En cuanto al pasage de embarcaciones en la misma dirección, es indudable que, por las cortas distancias, habrá en ellas, con más ó menos frecuencia, demora de algunos minutos; pero como ya he dicho, debiendo introducirse variaciones al ejecutarse la obra, la longitud de estos tramos que constituyen la escepción, debería sufrir variación, sea con un trazado más económico, ó sea con un pequeño aumento de costo, lo que desde ya, por las cotas de escavaciones y terraplenes del tramo 73 se puede preveer.

Veamos las condiciones en que se hallan respecto á la longitud de sus tramos los canales más importantes de otras partes, la manera como se han mejorado, y las nuevas condiciones en que han quedado.

En la vertiente del Saône, del canal del Centro, en Francia, en una longitud de 48 kms. había 50 esclusas de 2,60 metros de caída en 1879. Para ponerlas en las condiciones estipuladas en la ley dictada ese año, se hicieron estudios comparativos entre las aplicaciones de planos inclinados, ascensores y esclusas optándose finalmente por el empleo de éstas.

En Longpendu, en el mismo canal, había 7 esclusas que estaban separadas por tramos de una longitud média de solamente 106 metros, los que por el alargamiento de aquellas habrían quedado reducidos á 94 metros. Una de las esclusas fué alargada á 38,50 metros y las otras 6 fueron sustituídas por tres nuevas, cada una de 5,2C ms. de caída, quedando la longitud média de los tramos, de 220 metros.

En Saint-Julien-sur Dheune, había 9 esclusas que comprendían tramos de un largo medio de 298 metros, con curvas de pequeño radio. Se han mejorado los radios en 4 puntos, se ha alargado una de las esclusas, y las otras 8 se han reducido á 4 con caída de 5,20 metros. El largo medio de los tramos ha quedado de 562 metros.

Cerca de Chalons, se han reemplazado 4 esclusas de 2,60 de caída por 2 de 5,20 metros, aumentándose así la longitud média de los tramos de 145 á 226 metros.

En Rulley, había 9 esclusas separadas por tramos de una longitud média de 292 metros. Tambien se ha alargado 1, y se han reemplazado las otras 8 por 4 nuevas de la caída doble de 5,20 metros, quedando los tramos de un largo médio de 460 metros.

A. Fontaine, ingeniero en jefe des Ponts et Chaussées, dice á este respecto: [1]

«En resúmen, sobre las 50 esclusas de la vertiente del Saône, trece, un poco más de la cuarta parte, han sido suprimidas.

«Se ha, pues, suprimido, por duplicación de la caída una esclusa en cada dos. *La solución es mucho más modesta, más sencilla y más económica que la de los ascensores verticales ó de los planos inclinados en que al principio se había pensado; al mismo tiempo, ella presenta más garantías de seguridad*».

En el Canal del Centro quedan, por consiguiente, después de la gran reforma, trece tramos en condiciones de alimentación y de tráfico muy inferiores á los tres señalados del de Córdoba al Paraná.

En el canal de Roanne á Digoin, la longitud de los tramos se ha aumentado llevando el salto de las esclusas á 6 y 7,20 metros.

En el canal Saint Denis, las 9 esclusas se han reducido á 7, de las cuales 2 de 4,70 metros de caida, y la del extremo, en la Villete, de 10 metros de caida.

En Inglaterra, los tramos cortos son numerosos y lo mismo las esclusas enfiladas, siendo las más notables las del canal de Caledonia, de 8 esclusas enfiladas, las de Halton, en el Warwich, de 21, las de Wigenn en el de Leeds á Liverpool de 21, las de Combe Hay en el Somersetshire de 22, y las de Tarbigge en el de Worcester y Birminghan, de 29.

Las 10 esclusas enfiladas, para salvar un desnivel de 22,90 metros, en Foxton, en el canal Grand Junction, se han sustituido, en 1901, por un plano inclinado; pero solo para embarcaciones de 70 toneladas de porte.

En Alemania, en el nuevo canal Dortmund Ems, se han empleado esclusas de 6,20 y 6,30 metros de caida; en el del Elba al Trave, hasta de 5,81 metros, y en el estudiado del Danubio al Elba, para diferencias de nivel de 120 y 150 metros en 10 y 17 kilometros respectivamente, se han proyectado 12 y 15 esclusas de 10 metros de caida cada una.

En Bélgica, en el canal de Charleroi á Bruselas, en una longitud de 16.000 metros, entre las esclusas números 13 y 40, la diferencia de nivel es de 64,55 metros, salvada primitivamente por 28 esclusas, de las cuales 11 de 2 metros de caida, 12 de 2,40 y 5 de 2,75. En el ensanche del canal que se practica actualmente para que puedan navegar en él embarcaciones aproximadamente de 350 toneladas, se ha proyectado reemplazarlas por 15 esclusas de 4,10 y 4,50 metros de caida. Los tramos tendrán longitudes mayores de 767 metros, con escepción de uno solo cuyo desarrollo será de 626 metros.

En Suecia, se reforma y mejora el canal de Wenern al Kattegat, sustituyendo las escaleras de 4 y 7 esclusas enfiladas dando á estas mayor superficie, mayor profundidad y mayor caída. Se construyen actualmente 2 esclusas de 6 metros de caída y 4 de caída variable entre 7 y 9 metros.

En los Estados Unidos, las esclusas proyectadas para el canal lateral á las cataratas del Niágara, para vía navegable de 6,40 á 9,10 metros de profundidad, tienen una caída de 12,20 metros.

El ingeniero Fontaine, conjuntamente con

[1] Anales des Ponts et Chaussées 1892—tom. 2° pág. 783.

sus colegas Gaillot y Moraillon, han estudiado esclusas con 14 y 20 metros de caída.

Si bien, hace veinte años eran raras las esclusas de 4 metros de caída, actualmente han dejado de ser una novedad las construídas con 6, 8 y 10 metros y se proyectan hasta del doble de la máxima mencionada.

Voy á examinar, á grandes rasgos, la historia de los planos inclinados y la de los elevadores hidráulicos, que, en ciertos casos, muy rara vez, se han empleado para sustituir una escalera de esclusas.

El primer plano inclinado fué construido á fines del siglo XVIII en el canal Shropshire (Inglaterra) para salvar una caída de 65 metros en una distancia de 275. Las embarcaciones elevadas eran de 10 toneladas.

El de Trench, en el canal Shrewsbery, para chatas del mismo tonelage, salvaba una caída de 22.30 metros en una longitud de 208 metros. El del canal Bude y el del Chard eran para embarcaciones de menor tonelage aún.

El de Blackhill, en el canal Monkland, cerca de Glasgow, fué construído en reemplazo de 8 esclusas enfiladas, para salvar una caída de 29 metros en una longitud de 290 metros, siendo su capacidad para chalanas de 25 toneladas de porte.

El del canal del Ourcq, en Francia, fué construido para el servicio de embarcaciones de 70 toneladas de peso.

Los 4 del canal Oberland, en Prusia, fueron construidos para salvar caidas de 21 á 25 metros en una extensión de 200 á 250 metros y para el servicio de embarcaciones de 70 toneladas de porte.

Los 23 planos inclinados del canal Morris, en Estados Unidos, fueron construidos para salvar la acumulada diferencia de nivel de los Alleghanies, de 442 metros en una longitud de 4.800 metros, y para el paso de embarcaciones de 70 toneladas de porte.

El de Georgetown, cerca de Whashington, construido en 1876 en reemplazo de dos esclusas enfiladas, para salvar una caida de 13 metros en una longitud de 155 metros, es el plano inclinado de mayores dimensiones que se haya construido hasta ahora, y sirve para el paso de embarcaciones de 115 toneladas de porte.

Prescindiendo del ascensor de Tardebigge, en el canal de Worcester y Birminghan, construido en 1809, y los de Wellington y Tiveston, construidos en 1835, para embarcaciones de 8 toneladas de porte, se puede decir que el primer ascensor hidráulico ha sido el de Anderton sobre el río Weaver en comunicación con el Trent y el Mersey, construido en 1875.

El ascensor salva una diferencia de nivel de 15,30 metros, y sirve para el paso de embarcaciones de 100 toneladas de porte, suprimiendo el trasbordo de mercaderías que se hacia anteriormente; con él se ha evitado la construcción de esclusas enfiladas.

El mismo sistema de ascensor fué empleado luego en Francia, en Fontinnéttes, en el canal Neuffossé, en preferencia á la construcción de una nueva escalera de 5 esclusas apareadas á las ya existentes en las inmediaciones de Saint Omer, para salvar una caida de 13.13 metros, dando paso á embarcaciones de 300 toneladas de porte. La obra fué empezada á fines del año 1883 y librada al servicio público en abril de 1888.

En la misma época, el gobierno belga transformaba el canal del Centro con el propósito de aumentar su prisma de agua. Para su alimentación se hacia necesaria la elevación de un volúmen de agua de 50.000 metros cúbicos por día á una altura de 71 metros; mientras que en una longitud de 7.000 metros la diferencia de nivel del terreno era de 66 metros.

Esta pendiente no estaba repartida uniformemente, y tanto para economizar el agua como para evitar la introducción de séries de escaleras de esclusas, se adoptó el empleo de 4 ascensores hidráulicos, del mismo tipo de los de Andersony Fontinnéttes, que se distribuyeron del siguiente modo:

| Tramo | Longitud | Altura | Nombre del ascensor |
|---|---|---|---|
| — | *ms.* | *ms.* | — |
| Nº 1.. | 360,27 | ...... | |
| | | 15.397 | Nº 1 de La Louvière |
| Nº 2.. | 2890,80 | ...... | |
| | | 16.934 | Nº 2 de Houdeng-Aimeries |
| Nº 3.. | 384,00 | ...... | |
| | | 16.933 | Nº 3 de Bracquegnies |
| Nº 4.. | 3397,85 | ...... | |
| | | 16.933 | Nº 4 de Thieu |
| | 7032,92 | 66.197 | |

Los cuatro ascensores están destinados para el pasaje de embarcaciones de 400 toneladas. Para los restantes 13 kilometros del canal se proyectaron 5 esclusas de 4,20 metros de caída y 1 de 2,06, quedando el canal dividido en 10 tramos, de los cuales el núm. 1 de 360,27 metros de longitud, el núm. 3 de 384, el número 5 de 532 y el núm. 6 de 990,43.

El ascensor núm. 1 (de la Louvière) fué construído, como ensayo, de 1885 á 1888, año en que se dió al servicio; mientras la albañilería de los otros quedó ejecutada en 1894, sin que las obras se hayan terminado hasta hoy.

Esta era toda la experiencia adquirida en los medios de salvar la diferencia de nivel en los canales artificiales de navegación cuando formulé el proyecto del de Córdoba al Paraná para el tráfico de embarcaciones de 300 toneladas de porte: el plano inclinado en servicio, para chalanas del mayor tonelage, que era el de Georgetown, para 115 toneladas, no daba un resultado satisfactorio en la explotación. Los ingenieros Perlin y Flamant, habían estudiado uno para embarcaciones de 300 toneladas, para Fontinnéttes, que no había sido aceptado; en cuanto á los ascensores de Fontinnéttes y la Louvière, estaban en condiciones de ensayo.

En el ascensor de Anderson, despues de un trabajo satisfactorio de 6 años, reventó repentinamente, en 1882, una de las prensas, y el cajón que, con una embarcación, estaba elevado, cayó al fondo, aunque causando menos daño del que podría suponerse, debido á la dificultad de espulsión del agua de la prensa y á la profundidad de agua en la balsa de los cimientos.

Poco tiempo despues de librado al servicio el ascensor de Fontinnéttes, se asentaron en parte los cimientos y fué necesario reconstruir toda la obra estendiendo y profundizando á estos.

El gobierno francés no abandonó la escalera de esclusas apareada al ascensor, sinó que, para poner á estas en las condiciones de la ley de 1879, aumentó la longitud, anchura y profundad de sus balsas, es decir, deshizo la escalera existente y construyó una completamente nueva.

La opinión de los ingenieros estaba pues, en 1890, muy lejos de ser universalmente favorable al empleo de planos inclinados y de ascensores. Vernont Harcourt publicaba, en 1896, su nueva obra «Rivers and Canals» y se expresaba así: (pág. 411).

«Los pequeños accidentes que pueden inhabilitar un ascensor hidráulico, son indudablemente un obstáculo á la extensión del sistema; y esto, combinado con el poco satisfactorio funcionamiento del plano inclinado de Georgetown, ha inducido á algunos ingenieros á proponer que se vuelva exclusivamente al empleo de esclusas con mayores caídas, como se han construido en el canal del Centro y, más particularmente, como se ha ejecutado la de la Villette, en el canal Saint-Denis».

Independientemente, pues, de que no había punto alguno, en el proyecto de canal de Córdoba al Paraná, donde aplicar un plano inclinado ó un ascensor, por no encontrarse en él pendientes fuertes acumuladas, la experiencia hasta entonces adquirida no autorizaba la indicación del empleo de una ú otra clase de estas obras.

Posteriormente, se ha construído el ascensor á flotadores de Henrichenburg, en el canal Dortmund-Ems, cuya elevación es de 14 metros, con capacidad para embarcaciones de 600 toneladas, y que fué puesto en servicio en 1899.

Parece que este ascensor funciona admirablemente bien, y economiza casi el total volúmen de agua que hubieran requerido las esclusas enfiladas, que de otra manera hubieran sido necesarias para el pasage de las embarcaciones; pero es el caso que, á pesar de la construcción del ascensor, el gobierno Prusiano ha proyectado la construcción de las esclusas enfiladas apareadas al ascensor en previsión de que se interrumpa el tráfico eventualmente.

El empleo, para casos especiales de economía de agua en la alimentación y de trechos cortos de fuertes pendientes, de esclusas de gran caída enfiladas, planos inclinados y ascensores hidráulicos, se discute hace más de 25 años y ha sido materia especial de una orden del día formulada para el «Congreso internacional de navegación» celebrado en Düsseldorf en el mes de julio del presente año, en su Sección 1ª, con el título de *«Moyens de racheter les grandes différences de niveau»*.

Se han presentado á ese Congreso trece memorias referentes á este tópico, cuyo resúmen ha hecho el ingeniero Sr. Bubenbey. De algunas haré mención, ya porque tratan toda la cuestión teórica y prácticamente, ya porque han sido promotoras de nuevas aplicaciones y establecen datos comparativos entre los diferentes medios y sistemas de salvar las dificultades.

El ingeniero J. A. Saner, estudia todos los sistemas con relación al costo de construcción, gastos de explotación, dimensiones de embarcaciones, etc., emitiendo esta opinión:

« *Esclusas de mamposteria.*» Las esclusas generales de mamposteria no tienen rival para diferencias de nivel hasta 8 metros. Su conservación y servicio son económicos; su construcción es tan robusta, que resisten victoriosamente á fuertes accidentes, al trabajo continuado y al desgaste, sin exigir jamás sinó débiles reparaciones, salvo en las puertas; además se les puede siempre fundar sobre cualquier naturaleza de terreno.

« Para caidas de 8 á 12 metros, habrá generalmente mayor ventaja en servirse de una escalera de dos esclusas como las propuestas para el canal de Panamá en Obispo, dando á cada esclusa de 5 á 6 metros de caida,—que en recurrir á cualquier instalación mecánica..... »

El ingeniero Schnapp, estudia los diferentes sistemas en sus aplicaciones y se expresa en estos términos:

« La disposición mas generalizada para franquear diferentes alturas de agua es la esclusa de balsa ordinaria.

« Es el sistema que conviene más al batelero, porque llena las condiciones que de él se exigen con aparatos simples y poco costosos, tanto respecto á la construcción como al funcionamiento; además, la elevación de la embarcación se hace de una manera sencilla, fácil de controlar, segura y sin peligro. Por otra parte, en condiciones ordinarias, esta construcción representa los menores gastos de conservación y de explotación. »

Despues de examinar los sistemas realizados ó proyectados, de planos inclinados, ascensores y esclusas de balsas movibles agrega:

« Las ventajas de todas estas construcciones no son actualmente tan evidentes que no debamos extender el campo de investigación en otras direcciones. El costo de primera instalación es considerable y los gastos de conservación son muy elevados. Los numerosos órganos mecánicos, algunos de ellos delicados, cuestan muy caro como conservación y multiplican las causas de interrupción en la explotación.

« Los ascensores necesitan fundaciones profundas y de gran superficie (en Henrichenburg los flotadores tienen ya un calado de 30 metros); la construcción de estas fundaciones, en mal terreno, son extraordinariamente caras cuando no imposibles de ejecutar. Los planos inclinados (sobre todo cuando se

trata de balsas movibles dispuestas perpendicularmente á la dirección del canal) tienen que desarrollarse sobre una gran superficie y es necesario transportar, sobre vías de gran resistencia, pesos de mucha consideración, con cables de tracción que exigen fuertes anclages. Si se llega á romper alguna parte importante de la construcción, puede toda ella ó parte muy esencial quedar completamente destruída. Las cabeceras de las vías tienen que ser colocadas debajo del agua á una profundidad más ó ménos grande. La fuerza necesaria para vencer las resistencias es siempre muy considerable y exige, cuando se emplean exclusivamente máquinas para producirla muchos centenares de caballos, mientras que, por otra parte, el tiempo para la ascensión es relativamente largo, y aumenta, en razon de la velocidad restringida, con la longitud del plano inclinado. Esta última circunstancia no se toma mucho en cuenta cuando se trata de transportar á una embarcación aislada con toda la velocidad posible, pero cuando se quiere aumentar el rendimiento del trafico de un canal, entonces, resulta que un plano inclinado de grandes dimensiones rinde ménos trabajo efectivo que una escalera de esclusas, y puede ser comparado á un ascensor dispuesto al lado de una escalera: la escalera hace subir á un hombre escalon por escalon independientemente, mientras el ascensor lo hace subir de un solo esfuerzo. Es por esta razon que el gobierno prusiano ha incluído previsoramente, en su proyecto, una escalera de esclusas al lado del ascensor de Lieppe de que antes nos hemos ocupado. La escalera de esclusas proyectada al lado del ascensor de Henrichenburg, que exige un tiempo de elevación equivalente al de las otras esclusas, responde igualmente al mismo género de consideraciones.

« Partiendo de este mismo orden de ideas, los ingenieros se preocupan siempre de mejorar el viejo sistema del elevador, la esclusa de balsa, apropiándolo á las crecientes exigencias. El primer objetivo ha sido disminuir el consumo de agua, y esto se ha obtenido con gran éxito mediante el empleo de esclusas con depósitos laterales de ahorro..... »

Los ingenieros belgas H. Genard y G. Danil, se refieren más particularmente á los canales de Bélgica y á las buenas condiciones de construcción y explotación del Ascensor de la Louvière; pero, en sus conclusiones, empiezan por declarar que:

« Las esclusas de balsa son hasta hoy los médios más sencillos, los más económicos para la construcción y la conservación, para franquear las caídas de los canales. »

El ingeniero L. Barbet, de los canales del Norte de Francia, presenta una memoria comparativa entre esclusas, planos inclinados y ascensores, de la cual reproduzco lo siguiente:

« A consecuencia de la forma natural de los valles es solamente en la extremidad superior de un canal lateral que se pueden encontrar las grandes diferencias de nivel concentradas en una pequeña longitud, sea que la pendiente se acentúe allí cada vez más según su perfil casi contínuo, sea que este perfil presente una sucesión de esplanadas separadas por caídas bruscas, correspondiendo las primeras á depresiones ó lagunas de la época lacustre y los segundos á rápidos. Estas mismas caídas se hallan generalmente en los grandes valles Europeos inferiores á diez metros.

« Es muy rara la vez que se encuentra en las regiones en las que se puede emprender la construcción de canales de navegación interior, terreno tan accidentado que exija la obligación absoluta de salvar en una sola vez una muy grande diferencia de nivel. Generalmente, las desnivelaciones, aun las más acentuadas se reparten sobre una longitud suficiente para que se pueda evitar la solución de planos inclinados y ascensores sin recurrir á escaleras de esclusas, cuyos inconvenientes son bien conocidos y sin pasar los límites de las caídas arriba indicadas. (6, 8 y 10 metros).

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

« El costo de construcción de una esclusa simple, de 8 metros de caída, con depósitos de ahorro de agua, para embarcaciones de 300 toneladas, comprendiendo desagües cilíndricos, puertas de una sola hoja y aparatos mecánicos de maniobras análogos á los que habian propuesto los Sres Flamant y Quinete de Rochemont para los canales del Norte y del Escalda al Mosa (agua comprimida) ó á las que funcionan en el canal Saint Denis y la derivación del Scarpa, cerca de Douai, (turbina y trasmisión por engranages), pueden ser avaluados en la suma de 300.000 francos. Un ascensor de 20 metros de caída, de una sola balsa equilibrada, costaria 1.100.000 francos por lo ménos. — Un plano inclinado salvando una diferencia de nivel de 40 metros no podría estimarse en un costo menor de 2 millones. En el espacio indicado antes, la solución de las esclusas representaría una economía de 700.000 ó de 500.000 francos comparativamente á los otros sistemas de elevación, haciendo completa abstracción de los terraplenes complementarios que estos exigieran.

« Los gastos de conservación y explotación de un elevador, cuyo funcionamiento exige un hábil mecánico, son mucho más importantes que los de una esclusa y bajo este punto de vista, un plano inclinado para el caso de que me ocupo, es completamente inaceptable.

« En fin, la esclusa es un aparato rústico, mientras que el ascensor y el plano inclinado tienen órganos más numerosos y más delicados, más expuestos por consiguiente á averias, y cuya duración, según la juiciosa observación de Mr. Cadart, será seguramente menor, no pudiendo las obras metálicas pretender, como las de mamposteria, una duración casi indefinida.

« Las grandes diferencias de nivel que se encuentran en los canales de navegación interior pueden ser generalmente salvadas por esclusas de balsa, suficientemente espaciadas para que las embarcaciones sean esclusadas sin pérdida de tiempo. »

El ingeniero F. Bubenbey, al hacer el informe resúmen de las Memorias presentadas, sienta principios que, aunque considero que son por demás conocidos, debo repetir en el presente caso. El dice:

« La gran concurrencia, en todos los ramos del comercio y de la industría, exige imperiosamente la reducción de las tarifas del trafico de mercaderias. Por esta razon, los esfuerzos de los comerciantes y de los técnicos tienen por objeto transformar la navegación interior, por la mejora de los canales naturales y la construcción de canales de comunicación, de tal modo que ellos presenten, en cuanto sea posible, las ventajas de la navegación marítima poniéndolas en condiciones de transportar grandes cantidades de mercaderias; en embarcaciones espaciosas y á grandes distancias sin trasbordos.

El valor económico de los canales á transformar ó á crear, sobre todo los canales de comunicación, está determinado, por una parte, por la importancia del tráfico que son susceptibles de soportar, y, por otra, por la elevación de los gastos de primera instalación, aumentados de los de conservación y explotación capitalizados. En ambos casos, las grandes diferencias de nivel de los terrenos que deben atravezarse tienen una gran importancia. Especiales dificultades se presentan cuando se trata de salvar estas diferencias de nivel y estas aumentan con el crecimiento del tamaño y tonelage de los buques que se deban transportar. »

La opinión de los ingenieros de gran experiencia que han concurrido á las sesiones del Congreso de Düsseldorf, coincidiendo con la práctica de los paises de Europa y América que han representado, no puede ser más uniforme: — conviene el empleo de esclusas de 8. 10 y 12 metros de caida. y. aún en ciertos casos, dos, enfiladas, hasta salvar 16 metros antes que apelar á proyectar planos inclinados, como no existen aún. para embarcaciones de 300 ó más toneladas de porte ó al establecimiento de ascensores.

A la razón expuesta, del mayor costo de construcción, conservación y explotación de estos dos últimos sistemas. y peligro de accidentes y consiguiente interrupción del tráfico, hay que agregar otra de mucho peso. que no se ha mencionado. por olvido ó por ser demasiado conocida; y es la de que los terraplenes de acceso á la parte superior del plano inclinado ó ascensor tienen que ser de gran altura, y no solamente representan un gran costo de construcción y conservación, sino que su rotura produciría consecuencias graves para la zona atravezada por ellos.

Lo repito, en el trazado del canal de Córdoba al Paraná no existe punto alguno en que se pueda aplicar un plano inclinado, ni siquiera requiera una esclusa de 6 metros de caida.

Si suponemos que en vez de las 4 esclusas entre los tramos 73 y 77, aplicáramos un ascensor de 16 metros de altura en sustitución de la esclusa 77, el cubo del terraplen excedería de 400 metros cúbicos por metro corrido, ó, en total, de más de 1.200.000 metros cúbicos, los que al precio del presupuesto, de $ 0,40, representarian un costo de $ 480.000 m/n. Considerando el costo del Ascensor de Henrichenburg, que aunque para buques de mayor porte es solo de 14 metros de altura, y que no tiene el recargo de fletes de todo el material de hierro, acero, bronce, etc., cuyo valor asciende á $ 1.437.500 mm., el costo total mínimo de la reforma importaría $ 1.900.000 m/n.

Pero el costo total de las esclusas proyectadas en ese trozo de canal, asciende solo á $ 250.000, y el recargo de gastos no compensaría de ninguna manera las pequeñas demoras que de vez en cuando sufriria la marcha regular de las embarcaciones.

No es un grave inconveniente para el tráfico de un canal la existencia excepcional de tramos de 500 á 600 metros de longitud entre esclusas de 4 metros de caída. y puede compararse el caso muy favorablemente con el canal Central de Francia en el cual, despues de costosas reformas. quedan de 220 metros entre esclusas de 5,20 metros de caída, ó con el central de Bélgica, que aún despues de emplearse costosos ascensores quedan, entre ellos, tramos de 360 y 380 metros; lo cual no obsta que, considerándose que un tramo de 1000 metros de longitud salva toda demora en el tránsito de las embarcaciones, se introduzca tal reforma al replantearse y ejecutarse la obra.

Hechos los estudios de nivelación sobre el terreno, en 1889, al hacer la distribución en los trabajos de gabinete, han resultado algunos tramos que, aunque de buena longitud. en términos generales, pueden mejorarse definitivamente al ejecutarse las obras. con poco costo, ó quizá con economia, y es evidente que deben hacerse los estudios de detalle y realizar las mejoras finales como se hace en el más fácil trazado de los ferrocarriles y con mayor razón debe hacerse en el de los canales.

Los términos de la cuestión se desprenden de las partidas del presupuesto, y muestran que la solución de una mejora completamente satisfactoria no ofrece dificultad, ni puede representar costo de alguna consideración.

Salvo rarísimas excepciones, cuanto mayor es la caída de las esclusas tanto mayor es el movimiento de tierra. Hay pues que relacionar un elemento al otro.

En la construcción de las esclusas, las escavaciones, fondo de la balsa, plateas de entrada y salida del agua y otras obras varían muy poco de costo entre una caída y otra un poco mayor, de manera que, en pequeñas caídas. estas obras influyen mucho en el costo total, mientras que, pasados ciertos límites, son los estribos y muros laterales los que hacen más sensible el aumento del costo total.

En nuestro caso, el presupuesto formulado en 1890, muestra que las esclusas de 2 metros de caída están presupuestados en $ 32.405 m/n., y las de 4 metros en $ 49.835; esto es que, en las primeras, cada metro de caída cuesta $ 16.202,50 m/n. y en las segundas solo $ 12.455. Para salvar 4 metros de caída, pues, el costo con dos esclusas de 2 metros de caída importaba $ 64.810, mientras con una esclusa solo costaba $ 49.835, lo que representaba una economía adoptando la de 4 metros, como tipo general, de $ 14.975 en cada cuatro metros. Una mayor caída en las esclusas habría causado mayor costo de construcción relativo, por cada metro de caída.

Por otra parte, en la distancia de 436 kms. entre la esclusa número 1 y el Paraná, el movimiento total de tierra es de 16.638.804 metros cúbicos, que, en consecuencia, representa el de 38.375 metros cúbicos por cada kilometro corrido, y que al precio del presupuesto de $ 0,40 por m³ representa un costo de construcción por kilometro de movimientos de tierra, en término medio de $ 15.350. cantidad casi igual á la diferencia entre el costo de una esclusa de 4 metros de caída y el de dos de 2 metros de caída.

El cubo medio de 38,376 metros cúbicos de movimiento de tierra por cada metro corrido y el perfil longitudinal del trazado ponen en evidencia que casi todo el canal se lleva en desmonte, y que es muy dificil mejorar esta condición salvo en algunos detalles; y,

también, que no habiendo pendientes bruscas no hay lugar á la introducción de planos inclinados, ascensores ni esclusas de grandes caídas, desde que no se trata de la construcción de un canal con perspectiva inmediata de decenas de millones de toneladas de tráfico que pudieran autorizar la inversión de un capital tres, cuatro ó cinco veces mayor del previsto; en cuyo caso, optaría yo por reducir el número de las esclusas á ménos de la mitad de las del proyecto, ejecutándolas con caídas de 8 y 10 metros.

En los límites de la zona estudiada en el terreno no era posible, en los trabajos de gabinete, hacer otro trazado sin encontrarse en la necesidad de dejar un vacío de cotas desconocidas ó inventarlas; pero, las soluciones definitivas de la ubicación de las esclusas á una distancia no menor de 1.000 metros entre sí, se reducen á lo siguiente:

La esclusa Nº 73 se puede colocar á 1 kilometro aguas arriba, en el largo tramo Nº 73 de 23.085 metros, corriendo las 74, 75 y 76 en el mismo sentido, lo que no importaria mayor gasto de 20 á 25 mil pesos, ó, mejor aún, los últimos kilometros del tramo 73 pueden bajarse de nivel aproximándose al río Tercero, lo que no alargaria la longitud del canal, disminuiría el movimiento de tierra y permitiría la distribución de las esclusas en una mayor distancia de 2, 3 ó 4 kilometros.

La solución contraria á la introducción de planos inclinados ó ascensores, que sería la de la economía en los terraplenes, construyendo esclusas de 2 metros de caida en vez de las de 4 proyectadas en estos tramos, sería otro error, pues, la economía en el movimiento de tierra quizá no llegara á la realizada en la construcción de las esclusas de doble caida, mientras que aumentarian algunos minutos de espera en el paso de las embarcaciones y se duplicaria el costo de explotación de las esclusas, que exigirian mayor personal, etc.

Con lo expuesto, doy por terminado el estudio respecto á la alimentación, prisma de agua y tipo de esclusas convenientes para las líneas principales de la futura navegación interna en la República Argentina.

En este estudio no me he ocupado de otras obras de arte que las esclusas, porque, aunque en otras naciones los túneles, puentes canales, puentes para ferrocarriles y carreteros, sifones y muchas otras son numerosas y de gran costo de construcción y conservación, en nuestro caso no hay necesidad de construir un solo túnel, y solo excepcionalmente uno que otro puente canal, de ferrocarril ó carretero, y ni siquiera la hay de remover terrenos de difícil escavación.

Los terrenos de los lechos de los rios y de los canales examinados son firmes, y las obras á ejecutarse para establecer una navegación que responda á la enseñanza derivada de la experiencia adquirida en todo el siglo XIX son evidentemente de gran sencillez y de relativo poco costo.

No es, pues, el caso de hacer economías mal entendidas en la alimentación de los cursos de agua naturales, o en la de los canales artificiales, ni en el prisma de agua y dimensiones de las esclusas, con perjuicio de las buenas condiciones de la tracción y de la explotación.

En ninguno de los ríos ó canales á que se refiere este estudio se deben emplear embarcaciones ó convoyes menores de 400 toneladas de porte.

Refiriéndome especialmente al canal de Córdoba al Paraná, mi opinión es que no debe economizarse en su construcción uno ó dos millones de pesos; que con él debe proporcionarse á las provincias del interior un instrumento eficiente de transporte, tan perfeccionado como lo pueden exigir una economía y fácil tracción y explotación, sin lujo ni ostentación en las obras, pero sí con dimensiones adecuadas; las que considero deberían ser:

La anchura en la solera ó fondo del canal siquiera de 14 metros, para el más fácil cruzamiento de las embarcaciones y menor costo de tracción;

La profundidad del prisma de agua de 2,30 metros, también para reducir el costo de tracción;

La sustitución del paso á nivel del río Segundo por un puente canal, para evitar la interrupción del tráfico en épocas de grandes crecientes, y

El aumento de la capacidad de las esclusas para embarcaciones de 400 toneladas de porte.

Luis A. Huergo.

*(Terminará.)*

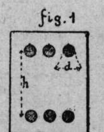
---

# Contribución al estudio de la resistencia del Cemento Armado

Dejando de lado la enumeración de las muchas ventajas del cemento armado en toda clase de construcciones, vamos á estudiar la resistencia de este material, tratando de exponer un método sencillo y claro del cálculo de su resistencia y de discernir el papel propio del metal y de la mezcla en una viga, sin necesidad de hablar sobre hipótesis más ó menos ingeniosas, pero siempre inseguras.

Nos limitaremos al estudio de las vigas de armadura simétrica, las únicas racionales, como se desprenderá del estudio mismo que emprendemos.

En razón de la pequeñez de la relación $\frac{d}{h}$ (fig. 1)




entre el diámetro $d$ de las varillas y su distancia $h$, consideraremos sin error la sección de cada varilla como concentrada en su eje, y $h$ será la distancia entre los ejes.

I. Consideremos primero (fig. 2) una viga empotrada, de longitud $L$, cargada de un peso

$P$ en su extremidad libre, y sea $h$ la distancia entre las varillas inferiores y superiores.

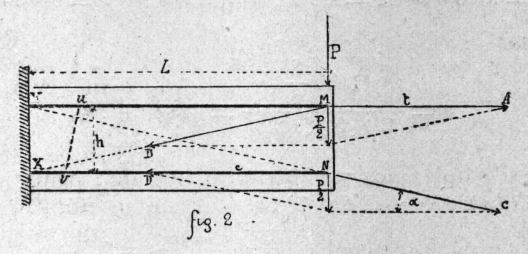


fig. 2

Descompongamos el peso $P$ en dos fuerzas iguales $P/_2$ aplicadas, la primera en $M$ y la segunda en $N$.

En $M$ la fuerza $P/_2$ se descompone según M $A = t$ tracción sobre la varilla superior y $M\ B$ que estudiaremos más tarde.

Lo mismo en $N$, $P/_2$ se descompone en $N\ D = c$, compresión sobre la varilla inferior y en $N\ C$.

Del examen de la figura se saca inmediatamente:

$$\frac{M\,A = N\,D}{X\,N} = \frac{P/_2}{h}$$

de donde

$$c = t = \frac{P\,L}{2\,h}$$

Consideremos con alguna detención esta fórmula.

Es, á lo menos explícitamente, independiente del momento de inércia, y además, lleva otra ventaja muy grande sobre las fórmulas usuales de resistencia. Permite el cálculo directo, sin tanteo, de cualquiera de los elementos que figuran en ella, tanto más fácilmente que se puede reemplazar $c = t$ por el producto $R\,s$ del coeficiente de seguridad por la sección de la varilla, y poner la fórmula bajo las dos formas

$$s = \frac{P\,L}{2\,R\,h} \;..............(1)$$

$$h = \frac{P\,L}{2\,R\,s} \;..............(2)$$

*Ejemplo* 1°. —¿Cuál debe ser la sección de hierro de una viga de cemento armado, de 6,m00 de largo, 0,m30 de alto, empotrada, y cargada con un peso de 2000 kilos en su extremídad libre, limitando á 5 kilos por milímetro cuadrado el esfuerzo á la tracción del hierro?:

Hagamos, en la fórmula (1)

$$P = 2000^{k}$$
$$L = 6,^{m}00$$
$$h = 0,^{m}30$$
$$R = 5^{k}$$

tenemos

$$s = \frac{2000^{k} \times 6,^{m}00}{2 \times 5^{k} \times 0,^{m}30} = 4000 \text{ milímetros cuadrados}$$

$s$ puede repartirse en $n$ varillas cuya sección sea $\frac{4000\ mm^2}{n}$, por ejemplo, en 10 varillas de 23 milímetros de diámetro.

*Ejemplo* 2°. — *Inversamente*: En una viga armada con 10 varillas, arriba y abajo, de 23 milímetros de diámetro, ó sea 400 mm² de sección, de 6,m00 de largo, cargada con 2.000 kilos en su extremidad libre ¿qué distancia vertical deberá medir entre las varillas para que el metal no trabaje á más de 5 kilos por milímetro cuadrado?

Hagamos, en la fórmula (2)

$$P = 2000^{k}$$
$$L = 6,^{m}00$$
$$s = 400\ mm^2$$
$$R = 5^{k}$$

tenemos

$$h = \frac{2000^{k} \times 6,^{m}00}{2 \times 5^{k} \times 400\ mm^2} = 30\ mm^2$$

Veamos ahora el significado de $M\,B$ y de $N\,C$.

$N\,C$ es un esfuerzo de tracción ejercitado sobre la mezcla, normalmente á las secciones como $u\,v$ perpendiculares á la diagonal $N\,Y$.

Prácticamente el ángulo $\alpha$ es bastante pequeño para que se pueda considerar $N\,D$ como igual á $c = t$ y $u\,v$ como la sección derecha de la mezcla. De resulta la demostración de este hecho ya enunciado, ahí pero creemos que todavia no demostrado que: «La sección del cemento, multiplicada por su coeficiente de seguridad, debe ser igual á la sección del metal tambien multiplicada por su coeficiente de seguridad.»

A pesar de ser este método general, buscaremos todavía aquí la fórmula correspondiente al caso de una viga apoyada en sus dos extremidades y cargada con un peso cualquiera $P$ en uno cualquiera $O$ de sus puntos.

Sea la posición de $O$ (fig. 3), tal que

$$o\,A = \frac{a}{m}\,L \quad \text{y} \quad o\,X = \frac{m-a}{m}\,L.$$

fig. 3

Descompongamos la fuerza $\frac{P}{2}$ que origina la tensión en la varilla inferior en otras dos

$$N\,T = \frac{a}{m} \times \frac{P}{2}, \quad \text{y} \quad N\,S = \frac{m-a}{m} \times \frac{P}{2}.$$

La descomposición de $N\,S$ según $N\,D$ y $N\,C$ nos dá

$$\frac{N\,D}{o\,A} = \frac{N\,S}{o\,N}$$

de donde

$$N\,D = t = \frac{a}{m}\,L \times \frac{\frac{m-a}{m}\,P/_2}{h} = \frac{a\,(m-a)}{m^2} \times \frac{L}{h} \times \frac{P}{2}$$

Lo mismo la descomposición de $NT$ según $NF$ y $NE$, nos dá

$$\frac{NF}{oX} = \frac{NT}{oN}$$

de donde

$$t = \frac{m-a}{m} L \times \frac{\frac{a}{m} P/_2}{h} = \frac{a(m-a)}{m^2} \times \frac{L}{h} \times \frac{P}{2} \text{..(3)}$$

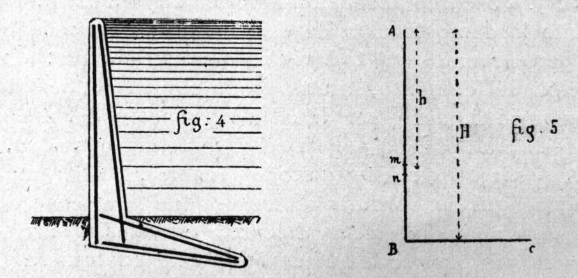
Los dos valores de $t$ son iguales como era de preveer.

En caso de que $o$ esté en el medio de la viga, $\frac{a}{m} = \frac{m-a}{m} = \frac{1}{2}$ y la fórmula se simplifica en

$$c = t = \frac{PL}{8h} \text{.................(4)}$$

Los dos casos tratados bastan para dar una idea suficiente del metodo que, por su sencillez, redundará en favor de la generalización del empleo del cemento armado.

Pasemos ahora, para concluir, á la determinación de la armadura metálica de un dique de 2,$^{m}$00 de altura, de la forma indicada en la figura 4 y que para




mayor claridad supondremos reducido al esqueleto ríjido de la figura 5.

*Resistencia á la ruptura en B.* — Llamando $\pi$ el peso de un metro cúbico de agua, $H$ la altura del dique, $d\,h$ la altura de un elemento pequeño $m\,n$ que tenga por longitud un metro y situado á la altura $h$ debajo del nivel del agua; tendremos, tanto para el momento de ruptura en $B$ como para el momento de giración al rededor de $B$:

$$\pi \int_0^H (H-h)\,h\,dh = \pi \left( \int_0^H H\,h\,dh - \int_0^H h^2\,dh \right)$$

pero

$$\int H\,h\,dh = H\frac{h^2}{2} + c \quad \text{y,} \quad \int_0^H H\,h\,dh = \frac{H^3}{2}$$

y

$$\int h^2\,dh = \frac{h^3}{3} + c' \quad \text{y,} \quad \int_0^H h^2\,dh = \frac{H^3}{3}$$

luego

$$\pi \int_0^H (H-h)\,h\,dh = \pi \left( \frac{H^3}{2} - \frac{H^3}{3} \right) = \pi \frac{H^3}{6}$$

Tomemos 0,$^{m}$30 $= e$ como intervalo de las varillas en el punto considerado y apliquemos. considerando como empotrada la pared vertical, la fórmula (1); tenemos para la sección del metal necesario:

$$s = \frac{\pi \frac{H^3}{6}}{2Re}$$

En el caso actual

$$\pi = 1000^{k} \quad H = 2,^{m}00, \quad R = 5^{k}, \quad e = 0,^{m}30$$

luego

$$s = \frac{1000\,\frac{8}{6}}{2 \times 5 \times 0,30} = 444 \text{ mm}^2.$$

Y si empleamos varillas de hierro de 1 centímetro de diametro ó sea de 78,54 mm$^2$ de sección, el número de ellas por metro será $\frac{444}{78,54} = 7$.

*Estabilidad. — Ancho de la base.* — Para que la pared del dique no sea volcada al rededor de $B$ es necesario y suficiente que la presión sobre el elemento vertical no sea mayor que sobre el elemento horizontal, es decir, llamando $x$ el ancho de la base, que

$$\pi H \frac{x^2}{2} > \pi \frac{H^3}{6}$$

ó

$$x^2 > \frac{H^2}{3}$$

ó

$$x > \frac{H}{\sqrt{3}}.$$

Tucuman, setiembre 20 de 1902.

L. E. Cerceau.

---

# PUENTES METÁLICOS

*(Continuación.—Véase N.os 157-158)*

## SEGUNDA PARTE

### PUENTES INDEPENDIENTES DE SUS APOYOS

### CAPÍTULO PRIMERO

**Puentes de alma llena**

SUMARIO: Cálculo de un puente de alma llena.

7. Cálculo de un puente de alma llena.

*Programa.* — Se quiere efectuar el estudio de un puente de acero, de alma llena, para ferrocarril, que encuadre en los siguientes datos:

*a*) Luz libre 10m.
*b*) Trocha 1m.
*c*) La sobrecarga que se tendrá en consideración para calcular el puente será la de una locomotora del tipo representado en la figura 175 (*).
*d*) El terraplen tipo de acceso ó sección normal de la vía en terraplen será el de la figura 176.

(*) Véase núms. 157-158 de la Revista Técnica. Lámina IX.

*e*) El puente se establecerá á través del curso de agua que marca la figura 177.

*f*) La vía se armará sobre durmientes de quebracho colorado, disponiéndolos de la manera más conveniente, pero tal, que el esfuerzo desarrollado por los rieles no resulte mayor que en la vía general, cuyo armamento indica la figura 178.

*g*) Se proveerá al tránsito de los peatones, esto es del personal de conservación de la vía, por medio de un entablonado debidamente dispuesto.

*h*) La tierra del terraplen pesa 1600 kg. $m^{-3}$ en estado de relativa humedad, su ángulo de frotamiento es de 35°. La resistencia del terreno es de 4 kilógramos $cm^{-2}$.

*i*) El efecto del viento se calculará con 150 kilógramos $m^{-2}$ para puente cargado y 200 para puente descargado.

*j*) El tramo estará formado por vigas de alma llena y descansará sobre la albañilería del estribo por intermedio de cojinetes de fundición.

Se admitirá $\rho = 1000$ kg. $cm^{-2}$ y el peso del $m^{-3}$ de acero, 7800 kilógramos.

*k*) La mampostería hidráulica del estribo será de ladrillo ordinario de $0.27 \times 0.14 \times 0.05$ m. para cimientos y elevación. La mezcla hidráulica estará compuesta de 4 partes de arena y 1 de Portland.

El peso de tal albañilería es de 1600 kg $m^{-3}$ y su límite práctico de resistencia de 6 kg $cm^{-2}$.

Los coronamientos se harán de piedra labrada á la martelina fina.

La parte en vista de la albañilería, tanto de piedra como de ladrillo, se rejuntará con mezcla hidráulica compuesta de 1 parte de Portland y 3 de arena.

*l*) Para el cálculo de los estribos y muros de ala se tendrá en cuenta una sobrecarga de un metro de tierra uniformemente repartida sobre la plataforma del terraplen.

Se trata de desarrollar el proyecto completo de este puente basándonos en las condiciones que impone el programa que precede.

*Preliminares.* — En el desarrollo de este proyecto, calcularemos con toda detención el tramo metálico. — Procederemos en este cálculo de lo conocido á lo desconocido, siguiendo un método que se presenta naturalmente lógico.

Principiaremos por calcular los tablones, los durmientes, los largueros y las viguetas.

El cálculo de todas estas piezas puede hacerse con toda exactitud y constituye la parte más importante del peso permanente que deberán soportar las vigas principales. Calculando por último estas vigas, no queda como indeterminado sinó una parte del peso permanente, es decir el peso propio de las vigas principales. Con alguna fórmula del Capítulo II lo tendremos en cuenta y pasaremos entonces al cálculo de las dimensiones con el máximum de datos exactos.

*Distribución general del tramo.* — El tramo estará constituído por dos vigas principales que correrán de uno á otro estribo; á ellas roblonaremos las viguetas.

A las viguetas se roblonan los largueros, los que soportan los durmientes, sobre los cuales colocamos los rieles y los tablones para el tránsito del personal de servicio.

El primer dato que se debe fijar es la luz del tramo. Para ello, véase un cróquis del soporte en la figura 179.

A fin de que el peso del tramo no desgaste las aristas de piedra, conviene retirar el cojinete de fundición de una cantidad $\delta$ que se aconseja sea igual á 0.15 $d$ (esa fracción puede estar comprendida entre 0.10 y 0.20.) Labraremos la piedra con aristas obtusas haciendo un pequeño plano inclinado á 45°.

Si se conociera la intensidad de la reacción en el apoyo y el ancho del cojinete de fundición $b$, llamando $\rho$ el coeficiente de resistencia de la piedra, mediante la relación.

$$b\, d\, \rho = R$$

se podría determinar la magnitud $d$ y luego la cantidad $\delta$.

No conociendo por ahora estos dos valores, usaremos la siguiente fórmula práctica recomendada por los buenos constructores.

$$d = 0{,}32 + 0{,}007\, l,$$

en la cual, poniendo en lugar de $l$ la luz libre del puente expresada en metros, obtendremos $d$ expresado también en metros. En nuestro caso, en que $d = 0.39$ m. adoptaremos primeramente $d = 0.40$ m. por tanto

$$\delta = 0.15\, d = 0{,}066 \text{ m.}$$

La luz del tramo será:

$$L = l + 2\,\delta + d = 10 + 0.12 + 0.40 = 10.52 \text{ m.}$$

Con el objeto de tener números redondos y de que las viguetas estén á distancias racionales y faciliten la construcción, adoptaremos definitivamente para luz del tramo:

$$L = 10.60 \text{ m.},$$

y el cojinete de fundición se aumentará hasta

$$d = 0.48 \text{ m.}$$

Convendría fijar ahora la disposición definitiva de varias partes del tramo, pués de ella depende el adoptar un ancho mayor ó menor para el puente mismo.

En nuestro caso el puente de vía superior está eliminado desde que debe obtenerse la mayor altura libre posible.

Un puente de vía inferior no tiene lugar en este caso, desde que la altura de construcción (diferencia de nivel entre la parte inferior de la viga principal y la superior del riel) aún siendo como mínimum de 0.80 m. no obliga nunca á adoptar el ancho máximo del gabarit, colocando las vigas trasversales lo más bajo posible. En efecto: la altura de las vigas principales se aconseja tenerlas comprendidas entre $^1/_7$ y $^1/_{15}$ de la luz del tramo, en general $^1/_{10}$, en nuestro caso 1 metro. Luego, aún disponiendo las vigas trasversales ó viguetas en la parte inferior de las principales, no resulta sinó 0.20 m. de diferencia de nivel entre

la parte superior de la viga principal y el riel, altura que no es suficiente para obligar al ancho máximo del gabarit; no quedará por tanto sinó la adopción de un puente de vía intermedia.

Calculando en 0.30 metros el ancho de la platabanda de la viga principal, dejando 0.15 metros entre esta viga y el gabarit y teniendo en cuenta éste último, resultará para distancia entre los ejes de las vigas principales.

$$D = 2\,(1.20 + 0.20 + 0.15 + 0.15) = 3.40 \text{ m}.$$

Respecto á la colocación de las viguetas se recomienda colocar 2 en correspondencia de los centros de apoyo y tenerlas equidistantes siempre que sea posible.

Winkler aconseja para los largueros de doble T de vía de 1 metro y tren pesado (5 toneladas por cada rueda) la siguiente distancia entre las viguetas:

$$l = 1.44\, m + 0.25\, b,$$

siendo $b$ en metros el ancho del puente. En nuestro caso $b = 3.40$, luego:

$$l = 1.44 + 0.25 \times 3.40 = 2.29 \text{ m}.$$

Pero teniendo en cuenta la equidistancia entre viguetas adoptaremos para $l$ 2.12 m. pués $2.12 \times 5 = 10.60$ m., luz del puente.

Ocupémonos ahora de los *largueros.*

Muchas son las disposiciones que se adoptan. Se pueden colocar, por ejemplo, directamente debajo de los rieles, en cuyo caso su distancia resulta determinada por la trocha de la vía. Esto, como bien se comprende, produce cierta rigidéz en la vía, lo cual dá lugar á movimientos muy bruscos. Este inconveniente se salva adoptando para la distancia entre largueros una magnitud mayor que la trocha de la vía, pués entonces la flexibilidad y la elasticidad de la madera se interponen como auxiliar adecuado para dar suavidad al movimiento. Es claro, sin embargo, que á medida que aumenta esta distancia entre los largueros, es forzoso aumentar la dimensión del durmiente; por tanto, el costo de la construcción resultaria por este lado más elevado, pero á medida que se distancian los largueros, resulta menor el costo de las viguetas, por cuanto la carga se aleja del medio de ellas; luego se vé la posibilidad de adoptar una distancia tal que la suma del costo de las viguetas y el de los durmientes resulte un mínimo. Nosotros adoptaremos como distancia, 1.40 m. de eje á eje, pues no vale la pena para un puente de luz pequeña entrar en cálculos más ó menos largos y complicados cuyos resultados en poco ó nada difieren luego de los adoptados.

Quedan definitivamente fijadas:

| | |
|---|---|
| Luz libre del puente. . . . . . . . | = 10.00 m. |
| Luz del puente de centro á centro de apoyo | = 10.60 » |
| Ancho del puente (Distancia de eje á eje de las vigas principales) . . . . . . | = 3.40 » |
| Distancia entre viguetas . . . . . . | = 2.12 » |
| » » largueros . . . . . | = 1.40 » |
| » » durmientes . . . . . | = 0.706 » |

La distancia entre los durmientes obliga á salvar el puente sin que ninguna junta de riel caiga sobre el mismo; de otra manera el riel estaría sujeto á esfuerzos mayores que en la vía general. Esto se puede conseguir fácilmente ya sea con el empleo de rieles más cortos en la vía general anteriormente al puente, ya sea cortando algún riel.

Los tablones se colocarán en la parte central, solamente, es decir entre los rieles.

*Cálculo de los tablones.* — El tablón debiera en realidad calcularse como una viga continua apoyada en los durmientes; pero sabemos que cuando se trata de piezas de madera, no hay que tener en cuenta la continuidad. Igualmente despreciaremos el peso propio por su pequeñéz.

La sobrecarga máxima que puede soportar un tablon es la de un caballo montado, que avaluaremos en 500 kilógramos. El momento máximo será:

$$\frac{F\,l}{4} = \frac{500 \times 70{,}6}{4} = 8825 \text{ kg cm}.$$

Aplicando la fórmula conocida

$$\frac{M}{\rho} = \frac{I}{v} = \frac{8825 \text{ kg cm}}{80 \text{ kg cm}^{-2}} = 110 \text{ cm}^3$$

El material empleado es el pino tea.

Tenemos:

$$\frac{I}{v} = \frac{a\,b^2}{6} = 110 \text{ cm}^3$$

Fijando $b = 5$ cm tendremos $a = 26{,}4$ cm.

Adoptaremos una pieza de $5 \times 27{,}5$ cm.

Se colocarán tres tablones de las mencionadas dimensiones entre los rieles. La separación entre ellos será de 2 centímetros para facilitar el desagüe. Los tablones estarán achaflanados á 45° en sus aristas superiores.

Se fijarán á los durmientes por medio de cabillas de 10 cm. de largo, de un diámetro de 12 milímetros y de cabeza embutida.

*Cálculo del durmiente.* — El durmiente es una pieza que apoya sobre los largueros, que están á 1.40 m. de distancia. Considerando el par de ruedas más pesadas de la locomotora que pesa 5250 kg. por rueda, y teniendo en cuenta que estas fuerzas actuan á 0.20 m. del apoyo tendremos:

$$M = 5250 \text{ kg} \times 20 \text{ cm} = 105000 \text{ kg cm}.$$

$$\frac{M}{\rho} = \frac{I}{v} = \frac{105000 \text{ kg cm}}{110 \text{ kg cm}^{-2}} = 954 \text{ cm}^3.$$

Si fijamos $a = 25$ cm
tendremos $b = 15$ »

Adoptaremos durmientes de esas mismas dimensiones.

*Cálculo del larguero.* — Para este cálculo, tendremos en cuenta, á más de la carga rodante, la carga permanente. Esta última se halla constituída, por el peso de los tablones, rieles, durmientes y peso propio del larguero.

Se adoptará para el larguero una viga doble *T*.

Se necesita conocer el momento máximo de flexión y la reacción. También es indispensable el conocimiento de la reacción simultánea que se produce en la unión de los largueros con las viguetas.

Emplearemos las líneas de influencia indicadas en las figuras 180 y 181.

*a) Carga accidental.* — Se han construído las líneas de influencia para los momentos y reacciones. Del dibujo sacamos:

$$M^{m}_{máx.r} = 0.003 \times 20 \times 4.25 \text{ t} + 0.02625 \times 20 \times 5.25 \text{ t} + 0.0035 \times 20 \times 4.25 \text{ t} = 3.308 \text{ t m.}$$

$$R^{a}_{máx.r} = 0.0417 \times 20 \times 5.25 \text{ t} + 0.015 \times 20 \times 4.25 \text{ t} = 5.659 \text{ t}$$

$$R^{a}_{s.máx.r} = 0.00125 \times 20 \times 4.25 + 0.03 \times 20 \times 4.25 + 0.0417 \times 20 \times 5.25 + 0.015 \times 20 \times 4.25 = 8.37 \text{ t}$$

*b) Carga permanente.* — Consta de dos partes: una trasmitida por los durmientes (tablones, rieles y durmientes), otra uniformemente repartida (peso propio.)

La primera se calculará basándose en las mismas líneas de influencia construídas.

El peso trasmitido por los durmientes es:

| | |
|---|---|
| Tablones $1.5 \times 0.706 \times 0.275$ m. $\times 0.05$ m. $\times 700$ kg m$^{-3}$ | $= 10.15$ kg. |
| Rieles $0.706$ m. $\times 25$ kg m$^{-1}$ | $= 17.65$ » |
| Durmientes $\frac{2.10}{2} \times 0.25 \times 0.15 \times 1.300$ kg m$^{-3}$ | $= 50.70$ » |
| | 78.50 kg. |

es decir que el peso que trasmite cada traviesa es de 78.50 kg; adoptaremos 80 kg. Esta fuerza producirá los siguientes efectos:

$$R^{a}_{c.p.d} = 0.04 \text{ t} \times 20\,(0.0417 + 0.025 + 0.00835) = 0.120$$

$$R^{a}_{s.cp.d} = 2\,R^{a}_{c.p.d} = 0.240 \text{ t}$$

$$M^{m}_{c.p.d} = 0.08 \times 20\,(0.02625 + 2 \times 0.009)\ 0.07 \text{ t m}$$

En cuanto al peso propio lo tendremos en cuenta por medio de una fórmula empírica $g = 22\,l$: $g$ es el peso por metro lineal, siendo $l$ la longitud en metros. En nuestro caso

$$g = 22 \times 2.12 = 46.64 \text{ kg m}^{-1}$$

tendremos:

$$R^{a}_{p.p} = \frac{g\,l}{2} = \frac{0.047 \text{ t} \times 2.12 \text{ m}}{2} = 0.05 \text{ t}$$

$$R^{a}_{s.p.p} = 2\,R^{a}_{p.p} = 0.100 \text{ t}$$

$$M^{m}_{p.p} = \frac{g\,l^2}{8} = \frac{0.047 \text{ t} \times 2.12^2}{8} = 0276 \text{ t m.}$$

*c) Reacciones máximas:*

$$R^{a}_{max} = R^{a}_{r} + R^{a}_{c.p.d} + R^{a}_{p.p} = 5.659 + 0.120 + 0.05 = 5.829 \text{ t}$$

$$R^{a}_{s.max} = R^{a}_{s.r} + R^{a}_{s.c.p.d} + R^{a}_{s.p.p} = 8.370 + 0.240 + 0.100 = 8.710 \text{ t.}$$

*d) Momento máximo:*

$$M^{m}_{máx} = M^{m}_{r} + M^{m}_{c.p.d} + M^{m}_{p.p} = 3.308 + 0.07 + 0.027 = 3.405 \text{ t m.}$$

*e) Aumento del momento por la influencia del viento*

Siendo de 150 kg. m$^{-2}$ el empuje del viento para puente cargado y suponiendo que el tren ofrezca una superficie contínua de 3 metros de altura á contar desde 0.50 m. arriba de los rieles, se tiene

$$150 \text{ kg. m}^{-2} \times 3 \text{ m.} = 450 \text{ kg. m}^{-1}$$

Esta fuerza aplicada á

$$\frac{3 \text{ m}}{2} + 0.5 = 2 \text{ m.}$$

arriba de la vía, dá lugar sobre la fila de rieles opuesta al viento y trasmite por tanto al larguero una fuerza vertical dirigida de arriba abajo igual á

$$\frac{450 \times 2}{1.4} = 643 \text{ kg m}^{-1}$$

Como hay tres durmientes entre viguetas, separados de 706 mm., cada uno recibe

$$\frac{643 \text{ kg m}^{-1} \times 2.12 \text{ m}}{3} = 454 \text{ kg.}$$

Resulta por tanto, en el durmiente del medio del larguero, un momento suplementario:

$$681 \times 106 - 454 \times 70{,}6 = \mathit{40134\ kg.\ cm.}$$

La presión del viento hace además flexionar los largueros en un plano horizontal. Cada larguero recibe en el punto de apoyo con el durmiente una fuerza concentrada igual á

$$\frac{450 \text{ kg m}^{-1} \times 2.12 \text{ m}}{4 \times 2} = 120 \text{ kg.}$$

Resulta un momento suplementario para la sección del medio

$$180 \times 106 - 120 \times 70.6 = \mathit{10608\ kg\ cm.}$$

Tenemos, por lo tanto, un momento total.

$$M_{total} = 340500 + 40134 + 10608 = 391242 \text{ kg cm.}$$

Calculemos ahora la sección

$$\frac{I}{v} = \frac{M}{\rho} = \frac{391242 \text{ kg cm}}{1000 \text{ kg cm}^{-2}} = 391 \text{ cm}^3$$

Adoptaremos el perfil núm. 26 que responde á las siguientes características :

Altura 260 mm.
Ancho 113 »
Espesor del alma 9.4
» de las alas 14.1
Superficial 54.2 $cm^2$.
Peso por metro 42.2 kg.

$$\frac{I}{v} = 446 \text{ cm}^3.$$

*Roblonadura de los largueros con las viguetas.* — La reacción máxima simple era 5829 kg.

La reacción debida al viento

$$\frac{643 \times 2.12}{2} = 681 \text{ kg}.$$

En total, 6510 kg.

La unión de los largueros con las viguetas se efectúa por medio de dos escuadras.

Llamando $d$ el diámetro de los roblones y $n$ su número, para la unión del larguero con las escuadras :

$$n \times \frac{\pi d^2}{4} 2 \times 1000 \times \frac{4}{5} = 6510$$

Fijando en 2 centímetros el diámetro del roblon según vimos en el capítulo V.

$$n = 2$$

Aplicando la relación de Gerber.

$$P = n\ e'd.\ 2{,}5\ \rho$$

tendremos

$$6510 = n\ 0.94 \times 2 \times 2500\ ;$$

vemos que la chapa resistirá al aplastamiento. Sin embargo, para mayor seguridad, colocaremos tres roblones teniendo en cuenta todo lo que al respecto hemos dicho en la primera parte.

Para calcular el número de remaches que deben unir las cantoneras á la vigueta tendremos :

$$n = \frac{\pi d^2}{4} \times 800 = 6510$$

$$n = 3.$$

Si considerásemos la reacción simultánea para este caso, tendriamos

$$R_{total} = 8.710 + 1.362 = 10.072 \text{ kg}$$

Entónces

$$n \times \frac{\pi d^2}{4} \times 2 \times 800 = 10.072 \text{ kg}$$

$$n = 2.$$

En definitiva, adoptaremos 3 roblones para unir los largueros con las cantoneras y 6 para unir éstas con las viguetas ; además apoyaremos los largueros sobre el ala de las viguetas, con lo cual suprimimos los esfuerzos secundarios de que hablamos en el capítulo IV.

El esfuerzo horizontal que sufre la roblonadura por acción del viento y que es de 180 kg. no tiene importancia y además hay mucho exceso en el número de los roblones.

El alma del larguero está calculada para resistir á los esfuerzos de corte máximos. — Pero en la roblonadura, si por casualidad hay algún defecto, el material trabaja en malas condiciones, y está debilitado Weyrauch considera el alma de una pieza en general, remachada á otra pieza, como en una condición especial. – Para su cálculo no adopta los $^4/_5$ del coeficiente de trabajo á la tracción simple, sinó una fracción algo menor ( $^2/_3$ ).

Si llamamos $h$ la altura del larguero, deduciendo los agujeros de los roblones y $s$ la anchura tendremos

$$h \times s \times \tfrac{2}{3}\ 1000 = 6510$$

En nuestro caso

$$h = 26 \text{ cm} - 3 \times 2 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

$$s = 0.48 \text{ cm}$$

Y la adoptada es $s = 0.94$ cm.

Si para caso muy desfavorable adoptamos la reacción simultánea

$$h \times s \times \tfrac{2}{3}\ 1000 = 10.072 \text{ kg}.$$

$$s = 0.740 \text{ cm}$$

Queda, pués, definitivamente fijado el perfil del larguero y su roblonadura.

*Cálculo de las viguetas.* — Veamos los pesos trasmitidos. A causa del peso propio del larguero.

$$\underbrace{42.2 \text{ kg m}^{-1} \times 2.12}_{\text{larguero}} + \underbrace{0.20 \times 4 \times 12.1 \text{ kg m}^{-1}}_{\text{escuadras}} +$$

$$+ \underbrace{24 \times 0.037}_{\text{cabezas de roblones}} = 100 \text{ kg}.$$

Las escuadras son de $\frac{9 \times 9}{0.9}$ cuyo peso por metro es de 12,1 kg.

El peso de una cabeza de roblon se calcula por la fórmula aproximada

$$G = 0{,}0046\ d^3$$

La figura 182 representa los roblones usados en el puente que estudiamos.

El peso trasmitido á una vigueta por cada durmiente es el doble del que corresponde á cada larguero por el mismo concepto.

Entonces

$$2\ (\ 3 \times 80 \text{ kg. por durmiente }) = 480 \text{ kg}.$$

Los largueros trasmiten á cada vigueta.

$$2 \times 100 \text{ kg.} + 480 \text{ kg.} = 680 \text{ kg}.$$

Aplicado en dos puntos.

*Peso propio.* — Para una aproximación usaremos la fórmula de Winkler

$$g = 0.80\ (\ 55 + 5.3\ g_0 + 1.31\ g_0 l\ ) \times C$$

$g$ = peso total de la vigueta en kg.
$g_0$ = peso de la rueda más pesada 5.25 t.
$l$ = la distancia entre viguetas, 2.12 m.
$C$ = la longitud de la vigueta, 3.40 m.
luego

$$g = 0.8\,(55 + 5.3 \times 5.25 + 1.31 \times 5.25 \times 2.12)\ 3.40$$

$$g = 2{,}65 \text{ kg}.$$

El peso por metro será :

$$\frac{2{,}65 \text{ kg}}{3{,}40 \text{ m}} = 77 \text{ kg m}^{-1}$$

*Acción de las cargas.*

*a) Peso propio*

$$M^{m}_{p.p} = \frac{p\,l^2}{8} = \frac{77 \times 3.40 \times 340}{8} = 11126 \text{ kg cm}$$

$$R^{a}_{p.p} = \frac{77 \times 3.4}{2}\ 130{,}5 \text{ kg}.$$

*b) Peso trasmitido.*

Por los largueros que están á 100 cm del apoyo.

$$M^{m}_{l} = 340 \text{ kg} \times 100 \text{ cm} = 34000 \text{ kg cm}$$

$$R^{a}_{e} = 340 \text{ kg}.$$

*e) Carga rodante.*

$$M^{m}_{máx.r} = 8370 \times 100 = 837000 \text{ kg cm}$$

$$R^{a}_{máx.r} = 8370 \text{ kg}.$$

---

La combinación de estas cargas dá

$$M^{m}_{max} = M^{m}_{p.p} + M^{m}_{l} + M^{m}_{máx.r} = 11126 + 34000 + 837000 =$$

$$= 882126 \text{ kg cm}$$

$$R^{a}_{máx} = R^{a}_{p.p} + R^{a}_{l} + R^{a}_{máx.r} = 130.5 + 340 + 8370 =$$

$$= 88405 \text{ kg}.$$

En el párrafo 4 del capítulo 9 de la primera parte, vimos que el efecto producido por la influencia del viento sobre el puente cargado era una disimetria en las cargas, lo que originaba un suplemento de momento en el punto en que el larguero se roblona á la vigueta. — Este momento es pequeño con relación al que sufre la vigueta por las cargas accidentales. — Lo tendremos en este caso solamente en cuenta para aumentar un poco el perfil de la viga sin entrar en más cálculos, que sin embargo fueron explicados detenidamente con anterioridad.

*Cálculo de la sección.*

$$\frac{I}{v} = \frac{M}{\rho} = \frac{882126}{1000} = 882 \text{ cm}^3$$

Conviene notar que algunos autores tienen en cuenta los agujeros hechos en el alma de la vigueta para la unión con los largueros. Nosotros creemos que cuando una roblonadura está bien hecha ( y siempre debe estarlo, pués en caso contrario se rechazan las piezas defectuosas ) puede omitirse dicha reducción ; sin embargo, aquí la tendremos en cuenta por vía ilustrativa.

La reducción del módulo de resistencia puede calcularse expresándola en función de la altura de la vigueta que llamaremos $H$ y es

$$W = \frac{2}{H}\,\frac{b\,h_2^3}{12} - \frac{2}{H}\,\frac{b\,h_1^3}{12} + \frac{2}{H}\,\frac{b\,h^3}{12}$$

en nuestro caso (fig. 183)

$h_2 = 14$ cm, $h_1 = 10$ cm, $h = 2$ cm, $b = 1$ cm

$$W = \frac{292}{H}$$

El módulo de resistencia de la vigueta deberá ser:

$$W = 882 + \frac{292}{H}$$

Si suponemos que $H = 34$ cm para un hierro $I$ tendremos

$$W = 882 \text{ cm}^3 + 8 \text{ cm}^3 = 890 \text{ cm}^3$$

Adoptaremos el hierro siguiente

Altura 340 mm
Ancho 137 mm
Espesor del alma 122 mm
» de las alas 18.3 mm
Superficie 88 cm²
Peso por metro 68.6 kg.
$\frac{I}{v} = 931 \text{ cm}^3$.

*Roblonadura.* — Para unir las escuadras con el alma de la viga principal se necesita que

$$n \times \frac{\pi\,d^2}{4} \times 800 \geqq 8840 \text{ kg};$$

para $d = 2$ cm, $n = 4$.

Para unir las escuadras con las viguetas se necesitarían la mitad. Pero teniendo en cuenta las necesidades de una buena construcción, el momento de empotramiento que se origina en la roblonadura y la escasa influencia que el viento produce en este caso, pués la vigueta va roblonada al medio de la viga principal, adoptaremos el doble de lo que el cálculo exige.

Para ver si resiste el alma de la vigueta, aplicaremos la fórmula de Weyrauch

$$s = \frac{3}{2}\,\frac{R}{\rho\,h_0}$$

$$h_0 = 28 \text{ cm} \qquad s = \frac{3}{2}\,\frac{8840}{1000 \times 28}$$

$$s = 0.48 \text{ cm}.$$

y hemos adoptado 1.22 m — más que suficiente.

Peso de una vigueta............

| | |
|---|---|
| Vigueta : 3.40 × 68.6 kg......... | 233.24 kg. |
| Escuadras : 4 × 0 34 × 12.11 kg.. | 16.45 » |
| Remaches : 0.037 × 36.......... | 1.33 » |
| | 251.02 kg. |

*Cálculo de la viga principal.*

Distinguiremos la carga permanente y la accidental.

*a) Peso propio.*

Emplearemos la fórmula de Jorini

$$g_0 = l \frac{1.111\ F + 2.398\ p}{\frac{\rho}{\delta} - 2{,}222\ l} \times \alpha$$

$F$ = carga trasmitida por la superestructura.
$p$ = sobrecarga que produce el momento máximo.
$l$ = luz del puente.
$\alpha$ = 2,6, coeficiente de construcción para el acero.

$$F = \frac{251\ \text{kg} + 680\ \text{kg}}{2{,}12} = 638\ \text{kg m}^{-1}$$

$\rho = 10.000.000$ kg m$^{-2}$
$\delta = 7800$ kg m$^{-3}$
$\alpha = 2{,}60.$
$l = 10{,}60$ m.
$p$ = se calcula fácilmente si se ha investigado el momento máximo. Anticiparemos que éste es alrededor de 39 t m. Entonces.

$$p\ \alpha\ \frac{\overline{10.6}^2}{8} = 39\ \text{t m.}$$

$$p = 2800\ \text{kg m}^{-1}$$

sustituyendo

$$g_0 = 156\ \text{kg m}^{-1}$$

para cada viga principal

*b) Peso trasmitido por las viguetas.*

| | |
|---|---|
| Peso de media vigueta. . . . . . | = 125.50 kg. |
| Superestructura . . . . . . . . . . | = 340.00 » |
| Total . . . . | = 465.50 kg. |

*c) Carga accidental.*

Haciendo el cálculo que indica la figura 184 (*) encontramos para momento máximo cuando la rueda más pesada (5250 kg) caiga sobre la sección 2.

$$M^2_{máx} = 3900000\ \text{kg cm.}$$

Y para la reacción

$$R_{máx} = 16900\ \text{kg}$$

cuando la rueda 5 caiga sobre el apoyo.
El esfuerzo del corte en 4 será (fig. 185)

$$C^1_{máx} = 12000\ \text{kg.}$$

(*) Véase Lámina X — Revista Técnica.

*d) Esfuerzos producidos por el peso propio*

$$M_{máx} = \frac{p.i.d}{2} = \frac{1.56\text{kg} \times 636\text{cm} \times 424\text{cm}}{2} =$$

$$= 210304\ \text{kg cm}$$

$$R = \frac{156 \times 10.6}{2} = 825\ \text{kg}$$

*e) Esfuerzos producidos por los pesos trasmitidos por las viguetas* (fig. 186).

$$M = 931 \times 634 - 465{,}5 \times 424 - 465{,}5 \times 212 =$$

$$= 294196\ \text{kg cm.}$$

En resúmen

$$M_{máx} = 3900000 + 210304 + 294196 =$$

$$= \mathit{4404500\ kg\ cm}$$

$$R_{máx} = 16900 + 825 + 931 = \mathit{18656\ kg.}$$

*Forma de la viga principal* (fig. 187.)

En la investigación de la forma de la viga hay que principiar por establecer parte de ella teniendo en cuenta datos prácticos y ajustándolos á los cálculos teóricos.

Se principia por establecer la relación entre la altura de la viga y la luz que hemos indicado, sea de $\frac{h}{l} = \frac{1}{10}$; entonces será 1.06, supondremos sea de 1 m.

Enseguida estableceremos el espesor del alma para la cual Weyrauch dá la fórmula

$$\delta_1 = 0.8 + 0.015\ l$$

en la cual $\delta_1$ está expresada en *cm* y $l$ en m.

en nuestro caso

$$\delta_1 = 0.8 + 0.159 = 0.96\ \text{cm.}$$

Fijaremos el ancho de las escuadras para lo cual el mismo autor dá la fórmula

$$b = 9 + 0.2\ l = 11.3\ \text{cm.}$$

Tomaremos entonces

| | |
|---|---|
| Altura del alma. . . . . . . . | = 1.00 m. |
| Expesor del alma. . . . . . . | = 1 cm. |
| Ancho de las escuadras. . . . | = 12 » |
| Expesor de las escuadras. . . | = 1 » |

Esto último, por ser de buena práctica remachar hierros del mismo espesor.

Tendrá pués la viga principal la forma de la figura 187.

Veamos cual es el módulo de resistencia que necesitamos:

$$\frac{M}{\rho} = \frac{I}{v} = \frac{4404500\ \text{kg cm}}{1000\ \text{kg cm}^{-2}}$$

$$\frac{I}{v} = 4404\ \text{cm}^3.$$

Ahora bien, la viga propuesta satisface al siguiente módulo :

$$\frac{25 \times 100^2}{6} - \frac{2 \times 11 \times 982}{6} - \frac{2 \times 1 \times 76^2}{6} = 4461 \text{ cm}^3.$$

Habiendo una diferencia á favor de 57 $cm^3$ que puede compensar la debilitación por los agujeros de remache, á pesar de que vimos que no valía la pena tenerla en cuenta.

La viga principal que hemos calculado y que adoptaremos por satisfacer á las exigencias teóricas y prácticas es una viga uniforme. En este caso de un puente de pequeña luz no vale la pena considerar una viga de uniforme resistencia, pués la mano de obra sería más costosa que el pequeño exceso de material que resulta en el caso de la viga uniforme.

La viga de uniforme resistencia la formaríamos con la distribución del material, adoptando distintas chapas para platabandas y necesitando por tanto una remachadura de más. Ya vimos en el número 3 de este capítulo como se distribuiría el material á este respecto.

*Espesor del alma de la viga principal.* — El alma resiste á los esfuerzos de corte y á la reacción máxima ; por tanto se debe calcular su espesor desde el apoyo izquierdo al derecho pcr medio del esfuerzo de corte máximo entre *A* y *1:*

$$R_{max} = 18656 \text{ kg}.$$

Para las vigas de alma llena no se suele cambiar este espesor; sin embargo es de buena práctica colocar sobre el apoyo refuerzos, lo mismo que en la unión de las viguetas con la viga principal.

Veamos si el espesor de 1 cm es suficiente.

La fórmula de Weyrauch es ;

$$s = \frac{3}{2} \frac{R}{\rho h_0} = \frac{3}{2} \frac{18656}{1000 \times 92} = 0{,}3 \text{ cm}.$$

$$h_0 = 100 - 4 \times 2 = 92$$

trabaja en excelentes condiciones.

*Unión de las escuadras con las vigas principales.* — Estos remaches resisten al esfuerzo de resbalamiento que como sabemos es máximo en los apoyos y en la fibra central.

La fórmula que expresa este resbalamiento como vimos en el N. 2, Cap. IV es

$$H = \frac{T}{h} \qquad T = R_{máx}$$

en donde $h$ indica la distancia que hay entre los centros de gravedad de los perfiles que en general se puede tomar igual á la altura de la viga.

Tenemos pués

$$n = \frac{2 \times R_{máx}}{\pi d^2 h \rho'}$$

según vimos en el Capítulo V

$$d = \frac{e}{0.63} = \frac{10}{0.63} = 15 \text{ mm}.$$

$$n = \frac{2 \times 18.656}{3.14 \times 2.25 \times 100 \times 800}$$

$$n = 0.066$$

se necesitan 7 roblones por metro, colocaremos 8. En algunos casos sería conveniente apróximar más los roblones para guardar la regla práctica que dice: la distancia entre roblones no debe ser mayor que 6 veces el diámetro del roblon.

Las figuras 188, 189 y 190 nos representan un corte trasversal, longitudinal, vista y planta del puente que hemos calculado.

*Planchas de apoyo* ( fig. 191. )

Winkler dá la siguiente fórmula para el espesor de la plancha.

$$s = 40 + 0.9\, l \text{ en milímetros.}$$

$$s = 49 \text{ mm}.$$

Adoptaremos $s = 5$ cm.

Sabemos que $d = 48$ cm.

Falta fijar el ancho. Las escuadras de la viga principal y el espesor de ésta dan un total de 25 cm. A la chapa de refuerzo inferior que se remacha con las escuadras démosle 30 cm. de ancho, la distancia de eje á eje de remache será de 14 cm.

Para moldear la plancha en sentido trasversal daremos un saliente de 5 cm. á cada lado y la plancha tendrá 40 cm. de ancho.

La altura del reborde será de $0.4\, s = 2$ cm. el espesor de la plancha auxiliar es $0.33\, s$, en nuestro caso 1.65 cm.

Calculemos la presión trasmitida al *bloc de granito* que asienta sobre la mampostería.

La presión que recibe de la plancha de fundición es

$$\frac{18656}{48 \times 40} = 9{,}7 \text{ kg cm}^{-2}$$

El granito resiste con facilidad á 45 kg $cm^{-2}$. luego está en buenas condiciones.

La presión trasmitida por el bloc á la mampostería es

$$\frac{18656}{70 \times 55} = 5 \text{ kg cm}^{-2};$$

está en buenas condiciones.

El cojinete llevará dos ranuras; el ancho de estas ranuras es de 4 cm y su profundidad de 1,5 cm.

*Deformación de la viga.* — Por la teoria de la elasticidad sabemos que un sólido deformado por la acción de determinadas cargas que producen un momento $M$, adquiere una flexión expresada por

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{M}{\varepsilon I}$$

La línea funicular de una superficie de carga $M$ construída con una distancia polar $\varepsilon$ $I$, nos enseña la Estática Gráfica ser una linea cuya derivada 2ª tiene la misma expresión. Podremos facilmente, conocida la superficie de los momentos $M$, llegar á construir la línea deformada de la fibra neutra mediante un funicular.

Para investigar la flecha máxima no habrá más que construir la superficie de los momentos para la posición del tren que produce el momento máximo y añadir á esa superficie la de los momentos producidos por la carga permanente empleando la fórmula

$M = \frac{p.\ i.\ d}{2}$ y suponiendo que las viguetas trasmitan cargas uniformes es decir:

$$p = \frac{156 \text{ kg} \times 10.6 \text{ m} + 465{,}5 \text{ kg} \times 4 \text{ m}}{10{,}6} = 322 \text{ kg cm}^{-1}$$

Procediendo como hemos indicado y teniendo en cuenta las escalas se encontrará como flecha máxima 9 milímetros.

*Arriostramientos y refuerzos en los apoyos.* —La cuestión del efecto del viento sobre los puentes es de capital importancia cuando éstos tienen grandes luces; pero cuando la luz es pequeña, el interés es escaso.

En la práctica, tratándose de obras pequeñas, cada cual con su criterio propio las refuerza y arriostra basándose en apreciaciones absolutamente constructivas, adoptándose hierros que en el comercio abundan y son fáciles de cortar para amoldarlos á la construcción. Cualquier arriostramiento, por pequeño que sea, es siempre más que suficiente para resistir á los esfuerzos del viento en nuestro caso.

Tres cuestiones hay que tener en cuenta:

1ª La estabilidad al volcamiento.
2ª La tendencia á deformarse los rectángulos formados por las viguetas y las vigas principales.
3ª La tendencia á doblarse las vigas principales.

En cuanto á la primera, siendo 200 kg. m$^{-2}$ la presión del viento á puente descargado y actuando en la mitad de la viga, el momento que tiende al volcamiento será:

$$200 \text{ kg.} \times 50 \text{ cm.} = 10\,000 \text{ kg. cm.}$$

Se opone el peso de la construcción dando un momento

$$750 \times 170 = 127500 \text{ kg. cm.}$$

De este lado estamos seguros.

En cuanto á la segunda cuestión, un arriostramiento horizontal impide la deformación y si el puente está cargado la fuerza del viento será

$$150 + 450 = 600 \text{ kg m}^{-2}$$

y en total.

$$10.60 \times 600 \text{ kg m}^{-1} = 6360 \text{ kg.}$$

La reacción en el apoyo, siendo el sistema doble será 1590 kg. Descompuesto según la diagonal dá un esfuerzo de 1850 kg. Necesitaremos $\frac{1850 \text{ kg}}{100 \text{ kg cm}^{-1}} =$ 1.85 cm$^2$ de sección.

Usaremos para este arriostramiento hierros chatos de 5 cm. de anchura por 0.5 cm. de espesor, unidos al ala de la viga principal por una chapa.

En cuanto á la tercera cuestión ó sea el arriostramiento vertical, como el puente es de vía intermedia, casi no es necesario; sin embargo, para reforzar las vigas principales en el punto de unión con las viguetas colocaremos dos cantoneras de

$$\frac{75 \times 75}{10}.$$

*Refuerzos en los apoyos.* — La parte de alma que apoya sobre los estribos es de 48 cm. La reacción máxima podría tender á hacer flexionar el alma en sus extremidades. Conviene por tanto asegurarse de que ésto no tenga lugar. Considerando el alma en los apoyos como un sólido prismático cargado de punta (para mayor estabilidad) calcularemos el momento de inercia que debe tener la sección para no flexionar por la fórmula

$$\frac{F\,l^2}{I} \overline{\gtrless} C$$

$$F = \frac{R}{\rho} = \frac{18656 \text{ kg}}{1000 \text{ kg cm}^{-2}} \qquad l = 100 \text{ cm} \qquad C = 5640$$

$$\frac{18656 \times 10000}{I} = 5640$$

$$I = 33 \text{ cm}^4$$

Ahora bien, el alma en el apoyo presenta la sección de la figura 192 cuyo momento de inercia es 4 cm$^4$. Hay, pués, necesidad de darle rijidéz y lo haremos prolongando las chapas de relleno de la última vigueta hasta la extremidad de la viga (fig. 193).

El momento de inercia será entónces

$$\frac{33.5 \times \overline{3}^{3}}{12} = 75 \text{ cm}^4$$

muy superior al necesario.

Dichas chapas se roblonarán al alma con una roblonadura análoga á la de los refuerzos del alma en correspondencia de las viguetas.

Con ésto queda terminado el estudio del puente de hierro de 10 m. de luz, de alma llena. En cuanto á su construcción, vemos que adoptando las disposiciones indicadas en las figuras anteriores, reunimos la economía con la solidéz. La facilidad en el montaje hace que estos puentes sean muy estimados en la práctica. No entramos en el detalle de los estribos por corresponder á otro curso de nuestra Facultad. En cuanto á los presupuestos, especificaciones y pliegos de condiciones, en la parte 5ª se explicarán minuciosamente.

Fernando Segovia.

*(Continúa.)*

# BIBLIOGRAFÍA

Sección á cargo del Ingeniero Sr. Federico Biraben

## REVISTAS

**Empleo de la máquina de Escribir y de la máquina de Calcular en la Compañía del Norte ( Francia ).** -- La *Revue générale des Chemins de fer* de junio ppdo dá interesantes detalles sobre importantes mejoras y perfeccionamientos introducidos por la Compañía del F. C. del N. de Francia en la organización del trabajo de sus oficinas de despacho de cargas. Ya con motivo del Congreso internacional de Ferrocarriles reunido en la época de la Exposición universal de 1900, la compañía francesa tuvo oportunidad de exhibir el nuevo sistema por ella establecido, que pudo ser debidamente apreciado en la estación Paris-La-Chapelle, que fué visitada entonces por varias delegaciones, las que se dieron cuenta de las ventajas económicas que ofrecía la organización del trabajo en cuestión, hecho todo por mujeres y por decirlo así mecánicamente.

Para apreciar la importancia de esa nueva práctica, basta hacer notar que sólo los gastos de personal — para las oficinas de las estaciones — se elevan anualmente á 3 millones de francos. Valia pues la pena de procurar reducirlos, sin perjuicio de disminuir las probabilidades de error, y es lo que se consigue con la nueva práctica; pues el gran rendimiento de las máquinas de escribir y de calcular ha permitido reducir los gastos de personal en la relación de 19 á 10, y además los errores de cálculo quedan casi suprimidos la claridad de la escritura es perfecta y la rapidez de las operaciones ha reducido la espera del público en las ventanillas.

**Estado actual de la industria del Carburo de calcio y del Acetileno.**— La *Revue générale des Sciences* de junio 15 ppdo. publica un estudio del señor Munsterberg, antiguo director de la Allgemeine Carbid und acetylen Gesellschaft, sobre el estado actual de la industria del carburo de calcio y del acetileno, en cuyo estudio el autor consigna los resultados de una larga experiencia práctica y expone las condiciones económicas de esta industría en el pasado y presente.

Ocupándose primero del acetileno mismo, el autor constata que los inventores sólo han contribuido en esa vía con mejoras de escasa importancia, las que no han alcanzado á modificar sustancialmente la fabricación del gas y su utilización industrial. Además, sobre la capacidad mínima de los aparatos productores del gas, su instalación, manejo, conservación y condiciones, el autor llega á las siguientes conclusiones:

El empleo del acetileno se halla plenamente justificado del punto de vista industrial y económico, y ese nuevo sistema de alumbrado no puede ya dejarse de lado. Es menester hacer más rijido el control sobre la construcción, la instalación y conservación de los aparatos, para que sintiéndose el público más protegido cobre mayor confianza. Los grandes fabricantes deberán limitarse á la construcción de aparatos y á la organización de las estaciones centrales, para reservar á los representantes locales la venta al menudeo y la instalación de aparatos, y éstos deberán renunciar á hacerse constructores.

Refiriéndose á las grandes explotaciones, el señor Munsterberg opina que una fábrica de menos de 2000 toneladas no es remuneradora, y que ( salvo para América y Francia, protegidas por su particularismo nacional) el mercado del mundo no tardará en concentrarse en unas pocas fábricas poderosas. Lo cual no impedirá que el acetileno sea el alumbrado del porvenir para las pequeñas ciudades y las propiedades aisladas. La presente crisis se explica por la superabundancia de capitales para el carburo y su escasez para el acetileno mismo.

**La Resistencia de las vigas de Cemento armado.** — El *Engineering Record* de junio 28 da cuenta de unas recientes investigaciones sobre la resistencia de las vigas de cemento armado llevadas á cabo por Mr. W. Kendrick Hatt en el Laboratorio de la Universidad de Purdue. Ellas lo han inducido á modificar una primera teoría de la resistencia de esas vigas presentada por el autor anteriormente.

Los nuevos ensayos han requerido la medicion de vigas de cemento armado, la determinación de los módulos de elasticidad y de la resistencia de los elementos de esas vigas á la tracción y á la compresión ( hormigón, cemento y fierro), el análisis de la arena y la determinación de la adherencia del fierro con el hormigón.

Después de describir los métodos empleados y las condiciones de los ensayos, y de detallar ( mediante numerosos cuadros y diagramas) los resultados conseguidos, el autor analiza esos mismos resultados. Luego, basándose en dicho análisis, establece nuevas fórmulas para el cálculo de las vigas, y estudia entre qué límites esas fórmulas se apartan en esos ensayos de los resultados experimentales.

**Método para medir la resistencia del Acero.** — En el *Jern-Kontorest Annalen* ( fascic. 2 de 1909 ) el Sr. J.-A. Brinell describe un nuevo método para medir la resistencia á la tracción del acero y del fierro. Consiste en el empleo de bolillas *( billes )* de acero templado cuya presión sobre el material ensayado determina una cierta inspresión de forma esférica, susceptible de medirse y relacionarse con la *dureza* del material, definida como la presión por unidad superficial del casquete esférico en cuestión. La resistencia á la rotura resulta ser proporcional á dicho elemento.

El *Génie Civil* de julio 26 ppdo ( t. XII, p. 211 ) trae algunos detalles sobre ese nuevo método.

**Los Puentes metálicos.** — El reputado ingeniero y hombre de ciencia M. J. Resal publica en la *Revue générale des Sciences* de junio 15 un estudio sobre los puentes metálicos, colocándose en el punto de vista de su influencia sobre la civilización.

Surgidos primero en Inglaterra, hace un siglo, como una innovación de mera curiosidad ( imitando simplemente á los de mampostería ), los puentes metálicos no han tardado en difundirse y perfeccionarse, á punto de traer una verdadera é importantísima revolución en el arte de la construcción, y, de rechazo, en la viabilidad.

Pero ello no priva, según M. Résal, que la preferencia se haya de dar ante todo á los puentes de mampostería. — En cuanto á los nuevos progresos á realizar en la construcción de puentes metálicos, sólo se pueden referir á la parte metalúrgica.

**Estudio sobre el derrame de las Aguas.** — En una conferencia dada en la Asociación de Ingenieros austriacos y que la *Zeitschrift des Oesterrischischen Ingenieur-Vereines* de junio 27 publica, el ingeniero Krischau estudia el derrame de las aguas en los ríos y canales y particularmente en las partes curvas, fundándose en investigaciones anteriores y en experiencias realizadas por el mismo al objeto de determinar el perfil de lecho más favorable al derrame ó movimiento de las aguas fluviales. — El autor acompaña los fotogramas obtenidos,

El ingeniero se sirvió para sus ensayos de un canalizo de molino con una pendiente de $^1/_8$, de 3 *m.* 14 de largo y 0 *m.* 38 de altura máxima; pero uno de los modelos tenia una arista en forma de linea *quebrada* y sección trapezoidal, mientras que el otro tenía arista *parabólica* y sección convexa. Pues bien, el experimentador constató que con el perfil parabólico los filetes liquidos guardaban su dirección — la de la dirección principal, — no presentando pues solución de continuidad; mientras que con el perfil quebrado, los filetes liquidos experimentaban al contrario una desviación en cada quebradura del perfil, lo cual originaba una serie de torbellinos aislados.

**El Congreso internacional de Tranvias.**—El *Tramway and Railway World* de agosto 7 publica una reseña de la duodécima asamblea general de la Unión permanente de tranvías realizada en Londres con motivo de la Exposición internacional de Tranvías. Entre los temas tratados mencionaremos los siguientes:

Correspondencia sobre los tranvias, por M. Lavalard. — Poder de los motores y de los generadores, por M. Rasch. — Estaciones centrales, por M. Thonet. — Legislación de tranvias y de ferrocarriles livianos en los diversos países, por M. Scotter. — Arreglo de los depósitos para coches, por M. Trantweiler. — Sistemas de tracción, por M. Ziffer. — Frenos de tranvias, por M. Poetz. — Via estrecha y via normal, por M. de Burlet. — Transporte de las mercaderias en tranvias por M. Marsal. — Caldeo de los coches, por M. Peiser. — Sistema de contabilidad uniforme, por M. Janssen. — Ferrocarriles tubulares subterráneos, por M. Mc Mahon. — Empleo de los acumuladores, por M. Rohl.

El *Street Railway* de agosto publica también unos extractos de esas varias comunicaciones.

## OBRAS

**Les Scieries et les Machines à bois.** Par Paul Razous, Ingeniero Licenciado en ciencias matemáticas y en ciencias físicas. — *Vve Ch Dunod*, Paris, 1902 ( 1 v. gr. in-8º de 475 p., con 332 fig ; 15 *fr.* )

En esta obra, el autor se propone sobre todo mostrar cómo se pueden reducir á un mínimo los gastos de fabricación en las fábricas que elaboran mecánicamente la madera, gracias á una concepción racional de las instalaciones y la elección atinada de los mejores tipos de máquinas útiles.

Con ese objeto, el autor estudia la organización racional de los aserraderos en los obrajes, del punto de vista del emplazamiento que se ha de dar á los aserraderos portátiles, del corte metálico de los árboles, del transporte y de la manutención económica de los troncos, de las locomóviles utilizadas para mover los varios aserraderos,

También se consagran capítulos especiales á la fabricación mecánica de los cajones de embalaje, á la tonelería y acarreo mecánico, al empleo, en los obrajes, de la electricidad para el transporte de la fuerza motriz, á los dispositivos más apropiados para prevenir los accidentes que pudieran originar las sierras y demás láminas cortantes.

La obra de M. Razous es de indiscutible utilidad para todos aquelos que se ocupen en la industria forestal, tan importante para nuestro país.

—

**A travers la Matière et l'Energie.** Por el doctor F. E. Blaise, antiguo interno de los Asilos de alienados del Sena, Laureado de la Facultad de Medicina de Paris. — *Ch. Delagrave*, Paris (1 v. gr. in-8° de 344 p., con 68 fotogr. en texto: 12 *fr.*)

—

**Traité pratique d'Electricité industrielle.** Por E. Cadiat, Ingeniero de Artes y Manufacturas, y L. Dubost, antiguo alumno de la Escuela Politécnica. -- *Ch. Béranger*, Paris, 1902 (1 v. in-8° de 722 p., con 291 fig. en texto; 16 *fr.* 50).

Es ésta la 6ª edición del importante tratado de los señores Cadiat y Dubost. Contiene -- bajo el mismo plan -- numerosas modificaciones que mejoran la obra, pues reflejan los últimos progresos de la electricidad teórica y práctica.

—

**Etude de la Législation allemande sur les Brevets d'invention.** Por J. Bouvet, doctor en leyes, Ingeniero de Artes y Manufacturas, Consultor en materia de propiedad industrial. — *A. Chevalier - Mares et Cie*, Paris, 1902 (1 v in-8° de 580 p.; 30 *fr.*)

Esta nueva obra viene á llenar un vacío en la bibliografía internacional técnica y legal, y es tan interesante para el abogado como para el industrial y comerciante.

—

**Cours de construction de Marine.** Por L. Callou. Ingeniero jefe de la Marina francesa. — *A. Challamel*, Paris, 1902 (1 v. in-8° de 628 y 682 p., con 1550 fig.: 40 *fr.*)

Esta importante obra es la reproducción del curso que el autor profesa en la Escuela de aplicación de Ingeniería marítima de Francia. Está demás decir que es obra completa.

—

**Droit commercial et Législation industrielle.** Por Louis Martin, Profesor libre de derecho. — *Vve. Ch. Dunod*, Paris (1 v. in-8° de 671 p.; 10 *fr.*)

Esta obra se propone sobre todo comentar las diversas leyes que constituyen actualmente el derecho comercial y la legislación industrial, y tiende también á la vulgarización de las prescripciones legislativas de uso corriente y á la explicación y aclaración de su alcance.

—

**La grande Industrie chimique minérale.** Por E. Sorel, antiguo ingeniero de las Manufacturas del Estado. — *C. Naud*, Paris, 1902 (1 v. inc. 8° de 899 p. con 113 fig.; 14 fr. rúst.)

En esta obra, el autor se propone presentar el estudio teórico y práctico de las grandes industrias químicas minerales y un resumen de sus lecciones como profesor suplente del Conservatorio nacional de Artes y Manufacturas y luego como «maître de conférences» de la Escuela municipal de Física y de Química de la ciudad de Paris.

El primer tomo, único que ahora se publica, abarca el conjunto de las industrias químicas en sus relaciones con la industria agrícola, fabricación de los derivados del azufre, sulfuro de carbono, ácido sulfúrico, fosfatos y sulfatos.

El segundo tomo comprenderá la fabricación química y electrolítica de los derivados de las bases alcalinas.

Como se ve, se trata de una obra completa, al par que digna de todo crédito por razón de la indiscutible autoridad de M. Sorel.

—

**Manuel théorique et pratique d'Electricité.**—Por M. Chassagny, Profesor de física del Liceo Janson-de-Sailly. — *Hachette et Cie.*, Paris, 1902 (1 v. in-16 de 360 p., con 276 fig. en texto: 4 *fr.* encart.)

Por ser muy elemental, esta obrita se recomienda sobre todo para aquellos que se ocupan de electricidad sin tener una preparación especial y que desean estar al corriente de sus principales aplicaciones y progresos.

—

Universidad de la Habana. **Memoria Anuario, correspondiente al curso académico de 1900 á 1901,** *adicionada con los datos estadísticos de la enseñanza referentes al de 1899 á 1900, que se publica en cumplimiento de lo que dispone el artículo 26 del Reglamento Universitario.* — *M. Ruiz y Cia.*, Habana, 1902 (1 folleto in-8° de 179 p. con numerosos fotograbados intercalados).

La presente publicación oficial contiene una completa exposición de cuanto interesa conocer respecto de los antecedentes históricos y la organización actual de la Universidad de la Habana; permite formar un juicio cabal — y por cierto no desfavorable — acerca del grado de adelanto alcanzado por esa institución de enseñanza superior.

Una breve reseña histórica precede los numerosos documentos de todo género consignados en el nutrido folleto, entre los que debemos señalar desde luego el *Plan de estudios vigente*, que da una primera idea de la organización del establecimiento, que comprenpe tres *facultades*: de Letras y Ciencias, de Medicina y Farmacia, y de Derecho.

La *Facultad de Letras y Ciencias*, á su vez, comprende las siguientes «escuelas»: de «Letras y Filosofía, de Pedagogía, de Ciencias, de Ingenieros, Electricistas y Arquitectos, de Agronomía, así como los estudios de la carrera de Maestro de Obras.

La *Facultad de Medicina y Farmacia* comprende las «escuelas» siguientes: de Medicina, de Farmacia, de Cirugía Dental, así como las carreras de Comadrones y Enfermeros

La *Facultad de Derecho* comprende las «escuelas» siguientes: de Derecho Civil, de Derecho Público y de Notariado.

En cuanto á los estudios de la escuela de Ingenieros, Electricistas y Arquitectos, que son los que más particularmente nos interesan. Hé aquí las materias que comprenden:

Dibujo topográfico, estructural y arquitectónico: 2 cursos. — Estereotomía (sombras, perspectivas, dibujos de máquinas, corte de piedras); 1 curso. — Materiales de construcción; 1 curso. — Resistencia de materiales, Estática gráfica; 1 curso. — Construcciones civiles (conocimiento, montea y manejo de materiales, etc.) y construcciones sanitarias; 1 curso. — Hidrodinamica; 1 curso. — Maquinaria; 1 curso.— Ingeniería de caminos: calles y carreteras (1 curso); Puentes (1 curso); Ferrocarriles (1 curso). — Arquitectura (invención, composición, decoración é higiene de los edificios); 1 curso. — Historia de la arquitectura; 1 curso. — Contratos, presupuestos y legislación especial á la ingeniería y arquitectura; 1 curso. — Enseñanza especial de la Eléctricidad; 3 cursos.

Ademas de estos estudios para aspirar al grado de «Ingeniero Civil» se requiere tener aprobados también los siguientes: Dibujo lineal y natural (2 cursos): Análisis matemático en toda su extensión (2 cursos); Geometría (2 cursos); Trigonometría (2 cursos); Astronomía (1 curso); Mecánica (1 curso); Física (2 cursos); Química inorgánica (1 curso); Mineralogía (1 curso) y Mecánica racional (1 curso). — Estos estudios (salvo el Dibujo) se hacen en la «Escuela de Ciencias».

En análoga forma se integran los estudios de «Ingeniero electricista» y de «Arquitecto».

El folleto contiene abundantes datos sobre la reglamentación de estudios y de grados vigente desde 1901, — en cuya época, ya bajo el régimen del gobierno militar norteamericano, fué organizada la Universidad de la Habana. — Contiene igualmente datos estadísticos completos y los resultados de la enseñanza relativos al curso académico de 1900-1901.

Toda ella nos parece muy digna de interés.

—

**Cours de Topographie,** *lever des plans de surface et des plans de mines.* Por Alfred Habets, Professeur à l'Université de Liège.— *Ch. Béranger*, Paris 1902 (1 v. in-8° de 312 p., con 110 fig.; 10 *fr.* encuad.)

Este curso de topografía, cuya 3ª edición se publica ahora, tiene sobre todo en vista la exposición elemental de los procedimientos de levantamiento más usados, — principalmente en Alemania. Los métodos más recientes se hallan cuando menos indicados, y la *fotogrametría* está tratada á fondo. — En apéndice se describe un nuevo taquímetro de proyección sistema Breithaupt, que permite trasportar directamente al terreno los principales elementos de un plano sentado.

—

**Les Canalisations électriques.** Première partie: *Fonctionnement et calcul des canalisations à courant continu.* Por J. Teichmuller, Profesor en la Escuela superior técnica de Stuttgart, *traducido del aleman por* Pierre Breuil, Ingeniero eléctrico, Jefe de sección en el Laboratorio de ensayos del Conservatorio de Artes y Oficios. — *Ch. Béranger* Paris, 1902 (1 v. in-8° de 347, con 156 fig.; 15 *fr.* encuad.)

Esta obra, aunque respondiendo principalmente al propósito de dar a los estudiantes los conocimientos preparatorios necesarios para seguir el curso de electricidad de la escuela de Stuttgart, constituye sin embargo un tratado elemental utilizable por los técnicos en general.

Federico Biraben.